

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО»**

**Приладобудівний факультет**

**Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій**

«На правах рукопису»

УДК 677.017: 514.18

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

Володимир ЄРЕМЕНКО

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою «Інформаційні вимірювальні  
технології екологічної безпеки»**

**зі спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка**

**на тему: «Дослідження інформаційно-вимірювальної системи  
повітропроникності трикотажу»**

Виконав:

студент II курсу, групи ПН-91мп

Драч Дмитро Олександрович \_\_\_\_\_

Керівник:

Доцент, кандидат технічних наук.

Маркіна Ольга Миколаївна \_\_\_\_\_

Консультант з «Розроблення стартап-проекту»:

Доцент, д.е.н.

Бояринова Катерина Олександрівна \_\_\_\_\_

Консультант з нормоконтролю:

Доцент, кандидат технічних наук.

Божко Костянтин Михайлович \_\_\_\_\_

Рецензент:

Старший викладач, кандидат технічних наук.

Муравйов Олександр Володимирович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ - 2020 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Приладобудівний факультет  
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)  
Спеціальність 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка  
Освітньо-професійна програма – Інформаційні вимірювальні технології  
екологічної безпеки

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
В.о завідувача кафедри  
Володимир ЄРЕМЕНКО  
«\_\_»\_\_\_\_\_2020 р.

**ЗАВДАННЯ  
на магістерську дисертацію  
Драчу Дмитру Олександровичу**

1. Тема дисертації «Дослідження інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу»  
науковий керівник Маркіна Ольга Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом по університету від «\_\_»\_\_\_\_\_2020 року №\_\_\_\_.
2. Термін подання студентом дисертації «7» грудня 2020 р.
3. Об'єкт дослідження: повітропроникність трикотажу.
4. Вихідні дані: показник повітропроникності трикотажу.
5. Перелік питань, які мають бути досліджені
  - 5.1 Теоретичні та експериментальні дослідження:
    - 5.1.1. Провести аналітичне дослідження властивостей трикотажу, їх основних стібків та різновидів стібків.
    - 5.1.2. Провести аналітичний огляд методів та засобів визначення повітропроникності трикотажу.
    - 5.1.3. Провести теоретичне дослідження засад конструювання інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу.
    - 5.1.4. Розробити лабораторний макет інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу.
    - 5.1.5. Розробити структурну схему інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу. Обрати та обґрунтувати складові вузли вимірювальної системи.

5.1.6 Виконати експериментальні дослідження зразків трикотажу на їх повітропроникність.

5.1.7. Провести експериментальні дослідження світлосигнальної характеристики інформаційно-вимірювальної системи.

5.1.8 Провести експериментальні дослідження зразків трикотажу з різними джерелами освітлення (галогенна лампа та світлодіодна). Визначити вплив освітлення на точність визначення повітропроникності.

5.1.9 Провести експериментальні дослідження зразків трикотажу одного типу білого та чорного (або темно-синього) кольорів. Визначити вплив кольору трикотажу на точність визначення повітропроникності.

5.1.10 Висновки. Презентація.

5.1.11 Стартап-проект за темою дисертації.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу на захист дисертації.

6.1 Таблицю з зображеннями видів стібків трикотажу, зазначенням основних властивостей трикотажу.

6.2 Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу. Навести складові вузли, їх технічні характеристики.

6.3 Навести результати експериментальних досліджень зразків трикотажу з різними джерелами освітлення (галогенна лампа та світлодіодна). Зазначити вплив освітлення на точність визначення повітропроникності.

6.4 Навести результати експериментальних досліджень зразків трикотажу одного типу білого та чорного (або темно-синього) кольорів. Визначити вплив кольору трикотажу на точність визначення повітропроникності.

6.5 Навести результати експериментального дослідження світлосигнальної характеристики інформаційно-вимірювальної системи.

7. Орієнтовний перелік публікацій:

7.1 Одна теза доповіді на міжнародних конференціях в Україні або за кордоном.

## 8. Консультанти розділів дисертації:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ВЛАСТИВОСТЕЙ ТРИКОТАЖУ			
РОЗДІЛ 2 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ТРИКОТАЖУ			
РОЗДІЛ 3 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСАД КОНСТРУЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ТРИКОТАЖУ			
РОЗДІЛ 4 ЛАБОРАТОРНИЙ МАКЕТ ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ТРИКОТАЖУ			
РОЗДІЛ 5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗРАЗКІВ ТРИКОТАЖУ НА ЇХ ПОВІТРОПРОНИКНІСТЬ			
РОЗДІЛ 6 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «Дослідження інформаційно- вимірювальної системи повітропроникності трикотажу»	Доцент, д.е.н. Бояринова Катерина Олександрівна		

9. Дата видачі завдання

«10» вересня 2020 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Провести аналітичне дослідження властивостей трикотажу, їх основних стібків та різновидів стібків.	05.10.2020 р.	
2	Провести аналітичний огляд методів та засобів визначення повітропроникності трикотажу.	14.10.2020 р.	
3	Провести теоретичне дослідження засад конструювання інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу.	18.10.2020 р.	
4	Розробити лабораторний макет інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу.	20.10.2020 р.	
5	Розробити структурну схему інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу. Обрати та обґрунтувати складові вузли вимірювальної системи.	20.10.2020 р.	
6	Виконати експериментальні дослідження зразків трикотажу на їх повітропроникність.	27.10.2020 р.	
7	Провести експериментальні дослідження світлосигнальної характеристики інформаційно-вимірювальної системи.	15.11.2020 р.	
8	Провести експериментальні дослідження зразків трикотажу з різними джерелами освітлення (галогенна лампа та світлодіодна). Визначити вплив освітлення на точність визначення повітропроникності.	25.11.2020 р.	
9	Провести експериментальні дослідження зразків трикотажу одного типу білого та чорного (або темно-синього) кольорів. Визначити вплив кольору трикотажу на точність визначення повітропроникності.	25.11.2020 р.	
10	Висновки. Презентація.	30.11.2020 р.	
11	Стартап-проект за темою дисертації.	30.11.2020 р.	

Студент  
Науковий керівник

Дмитро ДРАЧ  
Ольга МАРКІНА

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація містить пояснювальну записку на 100 сторінках формату А4, 52 ілюстрації, 7 таблиць, 16 літературних джерел.

Магістерська дисертація на тему «Дослідження інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу» присвячена розробці інформаційно-вимірювальної системи для проведення контролю повітропроникності трикотажу. Для початку у роботі вивчено та досліджено особливості плетіння трикотажу, його структури в'язання. У першому розділі магістерської дисертації проведено дослідження властивостей трикотажу типу «Джерсі», «Ребро», «Виворіт», «Блокіратор». Вивчено структуру стібку трикотажу «Кардиган» та «Жакард», їх переваги та недоліки зазначено у першому розділі. Графічна інформація про об'єкт дослідження (трикотаж) нам необхідна, щоб врахувати при проектуванні лабораторного макету інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу.

В другому розділі магістерської дисертації виконано огляд методів та засобів визначення повітропроникності трикотажу. Для нашого огляду ми обрали лише два методи, а саме ультразвуковий, що відноситься до контактного методу, та диференційний, що відноситься до безконтактного методу неруйнівного контролю. Дослідження інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу розпочато з теоретичних засад конструювання таких систем. Ми розглянули структурну схему, в якій зазначили структурні вузли майбутньої інформаційно-вимірювальної системи. Хочемо зазначити, що проєктовано вимірювальну систему на засадах оптичної мікроскопії у поєднанні з електричними складовими обробки випромінювання об'єкту дослідження (трикотажу), а саме телевізійною камерою і комп'ютеру з програмним забезпеченням.

У дисертації проведено експериментальні дослідження світлосигнальної характеристики інформаційно-вимірювальної системи; проведено експериментальні дослідження зразків трикотажу з різними

джерелами освітлення (галогенна лампа та світлодіодна), визначено вплив освітлення на точність визначення повітропроникності; проведено експериментальні дослідження зразків трикотажу одного типу білого та чорного (або темно-синього) кольорів. Визначено вплив кольору трикотажу на точність визначення повітропроникності. Також нами отримано результати експериментального дослідження повітропроникності зразку трикотажу № 1 дорівнює 3,27 % від загальної площі всього трикотажу у 100 %; для зразку трикотажу № 2 дорівнює 3,26 %, для зразку трикотажу № 3 дорівнює 5,14%, для зразку трикотажу № 4 дорівнює 3,71 %, для зразку трикотажу № 5 дорівнює 3,19%. Повітропроникність визначали у відносних одиницях.

Ми встановили, що при застосуванні світлодіодного освітлення, повітропроникність зразку трикотажу № 1 дорівнює 3,39 % від загальної площі всього трикотажу у 100 %; для зразку трикотажу № 2 дорівнює 3,38 %, для зразку трикотажу № 3 дорівнює 5,21%, для зразку трикотажу № 4 дорівнює 3,78 %, для зразку трикотажу № 5 дорівнює 3,24 %. Повітропроникність визначали у відносних одиницях.

Отже нами визначено, що точність визначення повітропроникності при застосуванні світлодіодного освітлення, зросла для зразку трикотажу № 1 на 3,5 %; для зразку трикотажу № 2 на 3,68 %; для зразку трикотажу № 3 на 1,34 %; для зразку трикотажу № 4 на 1,88 %.

Ключові слова: трикотаж, інформаційно-вимірювальна система.

## ABSTRACT

The master's dissertation contains an explanatory note on 100 A4 pages, 52 illustrations, 7 tables, 16 literary sources.

The master's dissertation on the topic "Research of the information-measuring system of air permeability of knitwear" is devoted to the development of the information-measuring system for the control of air permeability of knitwear. To begin with, the peculiarities of knitting knitwear and its knitting structure were studied and studied. In the first section of the master's dissertation the research of properties of jersey like "Jersey", "Rib", "Upside down", "Blocker" is carried out. The structure of the Cardigan and Jacquard knit stitches has been studied, and their advantages and disadvantages are noted in the first section. We need graphical information about the object of research (knitwear) to take into account when designing a laboratory model of the information-measuring system of air permeability of knitwear.

In the second section of the master's dissertation a review of methods and means of determining the air permeability of knitwear. For our review, we chose only two methods, namely ultrasound, which refers to the contact method, and differential, which refers to the non-contact method of non-destructive testing. The study of the information-measuring system of air permeability of knitwear began with the theoretical foundations of the design of such systems. We considered the block diagram, which indicated the structural units of the future information and measurement system. We would like to note that the measuring system was designed on the basis of optical microscopy in combination with the electrical components of the radiation treatment of the object of study (knitwear), namely a television camera and a computer with software.

In the dissertation experimental researches of light-signal characteristic of information-measuring system are carried out; experimental studies of knitted samples with different light sources (halogen lamp and LED), the influence of lighting on the accuracy of determining air permeability; experimental studies of



knitwear samples of one type of white and black (or dark blue) colors were performed. The influence of jersey color on the accuracy of air permeability determination was determined. We also obtained the results of an experimental study of the air permeability of a sample of knitwear № 1 is equal to 3.27% of the total area of all knitwear in 100%; for a knitwear sample № 2 is equal to 3.26%, for a knitwear sample № 3 is equal to 5.14%, for a knitwear sample № 4 is equal to 3.71%, for a knitwear sample № 5 is equal to 3.19%. Air permeability was determined in relative units.

We found that when using LED lighting, the air permeability of the jersey sample № 1 is equal to 3.39% of the total area of the entire jersey in 100%; for a knitwear sample № 2 is equal to 3.38%, for a knitwear sample № 3 is equal to 5.21%, for a knitwear sample № 4 is 3.78%, for a knitwear sample № 5 is 3.24%. Air permeability was determined in relative units.

Therefore, we determined that the accuracy of determining the air permeability when using LED lighting, increased for the knitwear sample № 1 by 3.5%; for a knitwear sample № 2 by 3.68%; for a jersey sample № 3 by 1.34%; for a knitwear sample № 4 by 1.88%.

Keywords: knitwear, information and measuring system

## ABSTRAKCYJNY

Praca magisterska zawiera notę wyjaśniającą na 100 stronach A4, 52 ilustracjach, 7 tabelach, 16 źródłach literackich.

Praca magisterska na temat "Badania informacyjno-pomiarowego systemu przepuszczalności powietrza dzianin" jest poświęcona opracowaniu informacyjno-pomiarowego systemu kontroli przepuszczalności powietrza przez dzianiny. Na początek zbadano i zbadano specyfikę dzianiny i jej strukturę dziania. W pierwszej części pracy magisterskiej prowadzone są badania właściwości dżersejów typu „Jersey”, „Żebro”, „Upside down”, „Blocker”. Przebadano strukturę ściegów dzianinowych Cardigan i Jacquard, a ich zalety i wady opisano w pierwszej części. Potrzebujemy graficznej informacji o przedmiocie badań (dzianinie) do uwzględnienia podczas projektowania laboratoryjnego modelu informacyjno-pomiarowego systemu przepuszczalności powietrza przez dzianinę.

W drugiej części pracy magisterskiej omówiono metody i środki określania przepuszczalności powietrza przez dzianinę. Do przeglądu wybraliśmy tylko dwie metody: ultradźwiękową, która odnosi się do metody kontaktowej oraz różnicową, która odnosi się do bezkontaktowej metody badań nieniszczących. Badania nad informacyjno-pomiarowym systemem przepuszczalności powietrza dzianin rozpoczęto od teoretycznych podstaw projektowania takich systemów. Rozważaliśmy schemat blokowy, który wskazywał jednostki strukturalne przyszłego systemu informacyjno-pomiarowego. Pragniemy zwrócić uwagę, że system pomiarowy został zaprojektowany w oparciu o mikroskop optyczny w połączeniu z elektrycznymi elementami obróbki radiacyjnej przedmiotu badań (dzianiny), czyli kamerą telewizyjną i komputerem z oprogramowaniem.

W pracy doktorskiej przeprowadzono badania eksperymentalne charakterystyki sygnału świetlnego informacyjno-pomiarowego systemu; badania eksperymentalne próbek dzianych różnymi źródłami światła (lampa halogenowa i LED), wpływ oświetlenia na dokładność wyznaczania przepuszczalności powietrza; Przeprowadzono badania eksperymentalne próbek

dzianin jednego rodzaju w kolorze białym i czarnym (lub granatowym). Określono wpływ koloru koszulki na dokładność wyznaczenia przepuszczalności powietrza. Uzyskaliśmy również wyniki badań doświadczalnych przepuszczalności powietrza próbki dzianiny nr 1, która wynosi 3,27% całkowitej powierzchni wszystkich dzianin w 100%; dla próbki dzianiny nr 2 wynosi 3,26%, dla próbki dzianiny nr 3 5,14%, dla próbki dzianiny nr 4 3,71%, dla próbki dzianiny nr 5 3,19%. Przepuszczalność powietrza określono w jednostkach względnych.

Okazało się, że przy zastosowaniu oświetlenia LED przepuszczalność powietrza próbki nr 1 koszulki wynosi 3,39% całkowitej powierzchni całej koszulki w 100%; dla próbki dzianiny nr 2 wynosi 3,38%, dla próbki dzianiny nr 3 5,21%, dla próbki dzianiny nr 4 3,78%, dla próbki dzianiny nr 5 3,24%. Przepuszczalność powietrza określono w jednostkach względnych.

W związku z tym ustaliliśmy, że dokładność wyznaczenia przepuszczalności powietrza przy zastosowaniu oświetlenia LED wzrosła dla próbki dzianiny nr 1 o 3,5%; dla próbki dzianiny nr 2 o 3,68%; dla próbki koszulki nr 3 o 1,34%; dla próbki dzianiny nr 4 o 1,88%.

Słowa kluczowe: dzianina, system informacyjno-pomiarowy.

## ЗМІСТ

ЗМІСТ .....	11
ВСТУП.....	13
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ВЛАСТИВОСТЕЙ ТРИКОТАЖУ .....	16
1.1 Властивості трикотажу, їх основні види, переваги та недоліки .....	16
1.1.1 Стібок трикотажу типу «Джерсі».....	18
1.1.2 Стібок трикотажу типу «Ребро».....	19
1.1.3 Стібок трикотажу типу «Виворіт» .....	21
1.1.4 Стібок трикотажу типу «Блокіратор» .....	21
1.2 Варіанти в структурі стібка трикотажу .....	22
1.2.1 Структура тканини стібку «Кардиган».....	22
1.2.2 Структура тканини стібку «Жакард».....	24
1.3 Загальні відомості трикотажу, що необхідно враховувати при проектуванні вимірювальної системи.....	25
1.4 Висновок до розділу 1 .....	27
РОЗДІЛ 2 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ТРИКОТАЖУ .....	29
2.1 Ультразвуковий метод визначення параметрів якості трикотажу.....	29
2.2 Диференційний метод визначення параметрів якості трикотажу.....	30
2.3 Висновки до розділу 2.....	32
РОЗДІЛ 3 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСАД КОНСТРУЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ТРИКОТАЖУ .....	34
3.1 Формування вимірювального сигналу інформаційно-вимірювальної системи .....	35
3.2 Висновки до розділу 3 .....	37
РОЗДІЛ 4 ЛАБОРАТОРНИЙ МАКЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ТРИКОТАЖУ .....	39
4.1 Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу .....	39
4.1.1 Вибір та обґрунтування оптичного мікроскопу.....	41
4.1.2 Вибір та обґрунтування телевізійної камери .....	46

4.1.3 Вибір та обґрунтування світлових фільтрів .....	51
4.1.4 Вибір та обґрунтування оптичного об'єктиву .....	58
4.1.5 Вибір та обґрунтування програмного забезпечення .....	61
4.3 Висновки до розділу 4 .....	62
РОЗДІЛ 5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗРАЗКІВ ТРИКОТАЖУ НА ЇХ ПОВІТРОПРОНИКНІСТЬ.....	64
5.1 Дослідження світло-сигнальної характеристики інформаційно-вимірювальної системи .....	64
5.2 Експериментальні дослідження впливу різного типу освітлення на точність вимірювання повітропроникності.....	66
5.2.1 Галогенне джерело освітлення (базове) .....	66
5.2.2 Світлодіодне джерело освітлення (нове).....	68
5.3 Результати експериментального дослідження повітропроникності...	72
5.4 Висновки до розділу 5 .....	73
РОЗДІЛ 6 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «Дослідження інформаційно- вимірювальної системи повітропроникності трикотажу»	76
6.1. Опис ідеї стартап-проекту.....	76
6.2. Технологічний аудит ідеї проекту.....	78
6.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	79
6.4. Розробка ринкової стратегії проекту .....	88
6.5. Розробка маркетингової програми стартап-проекту .....	91
6.6 Висновки .....	95
ВИСНОВОК.....	97
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	104

## ВСТУП

Існує ряд факторів, на яких базується якісна придатність швейної промисловості, а саме, трикотажу. До переліку цих факторів віднесемо продуктивність, надійність, довговічність, візуальне сприйняття якості одягу. У швейній промисловості контроль якості трикотажу проводять від початкового етапу постачання сировини до етапу остаточного готового одягу. Для текстильної та швейної промисловості якість продукції розраховується з точки зору якості та стандарту волокон, пражі, конструкції тканини, стійкості кольору, дизайну поверхні та готової швейної продукції.

Отже хочемо зазначити, що якість трикотажу це інтегральна оцінка всіх параметрів та властивостей, що мають власні показники, та може отримати схвалення технолога для запуску полотна у масове виробництво тільки після дотримання та відповідності нормативам, що прописані у ГОСТах щодо виробництва, контролю якості трикотажу. Кожна людина має пряме відношення до трикотажу, кожен носить одяг виготовлений з трикотажу, тому вважаємо, що розробка, якій ми хочемо присвятити магістерську дисертацію, є надзвичайно актуальною для кожного. Проте, існує професійна група фахівців текстильного виробництва, ткацтва та пошиття одягу, що потребують простих, зручних засобів, що дозволять швидко та просто визначати параметри, що відповідають за якість трикотажу. Нам відомий цілий перелік параметрів, що відповідають за якість трикотажу. У нашій магістерській дисертації стоїть завдання розробити інформаційно-вимірнювальну систему повітропроникності трикотажу. При реалізації такої розробки, ми створимо сучасний засіб вимірювання.

### **Мета і завдання дослідження.**

Отже, у магістерській роботі за мету поставлено задачу проектування інформаційно-вимірювальної системи для визначення повітропроникності трикотажу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести аналітичне дослідження властивостей трикотажу, їх основних стібків та різновидів стібків.
2. Провести аналітичний огляд методів та засобів визначення повітропроникності трикотажу.
3. Провести теоретичне дослідження засад конструювання інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу.
4. Розробити структурну схему інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу. Обрати та обґрунтувати складові вузли вимірювальної системи.
5. Розробити лабораторний макет інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу.
6. Виконати експериментальні дослідження зразків трикотажу щодо визначення їх повітропроникності.
7. Провести експериментальні дослідження світлосигнальної характеристики інформаційно-вимірювальної системи.
8. Провести експериментальні дослідження зразків трикотажу з різними джерелами освітлення (галогенна лампа та світлодіодна). Визначити вплив освітлення на точність визначення повітропроникності.
9. Провести експериментальні дослідження зразків трикотажу одного типу білого та чорного (або темно-синього) кольорів. Визначити вплив кольору трикотажу на точність визначення повітропроникності.

**Об'єкт дослідження** – повітропроникність трикотажу.

**Предмет дослідження** – інформаційно-вимірювальна системи повітропроникності трикотажу.

В процесі роботи, в залежності від поставлених завдань, застосовувались різні **методи досліджень**: аналітичного дослідження, методи проведення експериментальних досліджень, ультразвуковий метод визначення параметрів якості трикотажу, диференційний метод визначення параметрів якості трикотажу, метод обробки результатів дослідження.

**Наукова новизна отриманих результатів.** У магістерській роботі отримано наступні наукові результати:

1. Побудовано новий лабораторний макет інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу.
2. Визначено світлосигнальну характеристику нової інформаційно-вимірювальної системи.

**Практичне значення отриманих результатів.**

1. Проведено аналітичне дослідження властивостей трикотажу, їх основних стібків та різновидів стібків, того що необхідно знати для проектування системи.
2. Проведено аналітичний огляд методів та засобів визначення повітропроникності трикотажу.
3. Проведено теоретичне дослідження засад конструювання інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу.
4. Виконано експериментальні дослідження зразків трикотажу щодо визначення їх повітропроникності.
5. Проведено експериментальні дослідження зразків трикотажу з різними джерелами освітлення (галогенна лампа та світлодіодна). Визначити вплив освітлення на точність визначення повітропроникності.
6. Проведено експериментальні дослідження зразків трикотажу одного типу білого та чорного (або темно-синього) кольорів. Визначити вплив кольору трикотажу на точність визначення повітропроникності.



## РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ВЛАСТИВОСТЕЙ ТРИКОТАЖУ

Написання магістерської дисертації розпочнемо з аналітичного огляду властивостей трикотажу. Адже знання з фізико-хімічних властивостей трикотажу, а іншими словами, об'єкту дослідження та його структури дозволять нам побудувати лабораторний макет інформаційно-виміральної системи, що буде здатна з високою точністю визначати заданий параметр. Адже, як відомо, чим більше ми знаємо про об'єкт, тим технічно досконалою ми спроектуємо інформаційно-виміральну систему.

### 1.1 Властивості трикотажу, їх основні види, переваги та недоліки

Як відомо, що під трикотажем розуміють виріб з зазначеними розмірами товщини й ширини та необмеженою довжиною, що утворюється за рахунок переплетіння петель. Трикотаж класифікується за способом плетіння, а саме на: поперечнов'язальний й основов'язальний. Науковці, що займаються дослідженням трикотажу, створили схематичні структури плетіння, наведемо ці два види трикотажу на зображенні рисунок 1.1.

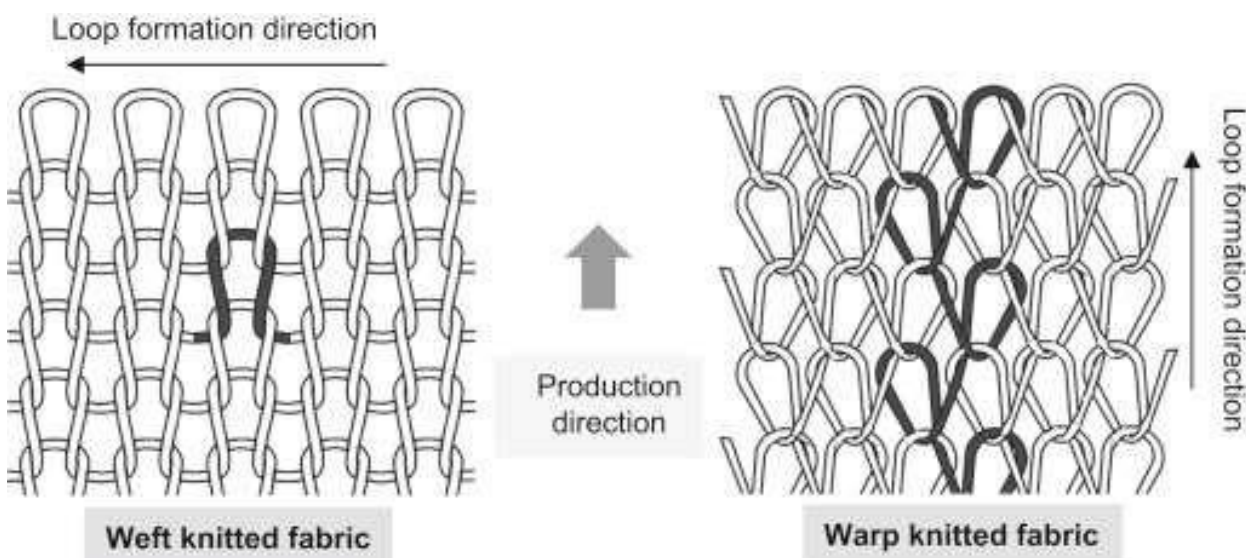


Рисунок 1.1 – Зображення способів плетіння трикотажу:

а – поперечнов'язальний, б – основов'язальний [1]

Звісно, це не є чимось новим, проте одразу видно структуру плетіння трикотажу, а для нас, як потенційних проектувальників інформаційно-виміральної системи контролю повітропроникності дозволяє побачити

геометричні розміри ниток та їх конфігурації, згини, з урахуванням яких нам необхідно буде працювати.

Вище, на зображенні ми навели приклади найпростіших структур плетіння трикотажу. Сучасне виробництво й ткацтво сягнуло вперед, особливого прориву у цій галузі досягли Італія, Туреччина, Китай, а отже на сьогодні розроблено нові форми плетіння ниток, що задовольняють потреби замовника. Отже, в'язані конструкції поступово нарощуються шляхом перетворення знову поданої пряжі в нові петлі на голкових гачках. Потім голки малюють ці нові петлі головою спочатку через старі петлі, які вони зберегли з попереднього циклу в'язання. Голки одночасно звільняють («відкидають» або «збивають») старі петлі так, щоб вони звисали підвішеними за їхні голови з ніг нових петель, голови яких досі утримуються в гачках голок. Таким чином, є цілісна, гнучка структура отримується поєднанням переплєтених петель і пряжі, що з'єднує ці петлі разом. Структура в'язаної петлі може бути не завжди помітною через ефект структурної тонкості, спотворення тканини, додаткові мозаїчні малюнки або маскуючий ефект обробних процесів. Властивості в'язаної конструкції значною мірою визначаються взаємозалежністю кожного стібка з сусідами по обидва боки та зверху і знизу від нього.

Ми навели тільки один з способів плетіння, таким наданням інформації ми хочемо показати, що процес виготовлення трикотажу є складним, однак у нього ми одразу бачимо перевагу – цей процес є циклічним, а отже нам не потрібно сканувати все полотно, достатньо провести експериментальні дослідження у майбутньому на окремій ділянці трикотажного полотна.

Всі в'язані конструкції можна поділити на основні структури - це основні конструкції, з яких отримані всі трикотажні полотна. До них відносяться:

1. Стібок трикотажу типу «Джерсі» або звичайний;
2. Стібок трикотажу типу «Ребро»;

3. Стібок трикотажу типу «Виворіт»;
4. Стібок трикотажу типу «Блокіратор».

Кожен вид конструкції складається з різної комбінації лицьових та зворотних сітчастих стібків, які в'яжуться за допомогою певної комбінації голок. Розглянемо основні конструкції, з яких утворюються трикотаж, та їх зображення.

#### 1.1.1 Стібок трикотажу типу «Джерсі»

Розпочнемо огляд з стібку під назвою «Джерсі». Це трикотажний стібок, що також має назву звичайного стібку, є відправною точкою для всіх в'язаних конструкцій трикотажу. Наведемо його зображення на рисунку 1.2.

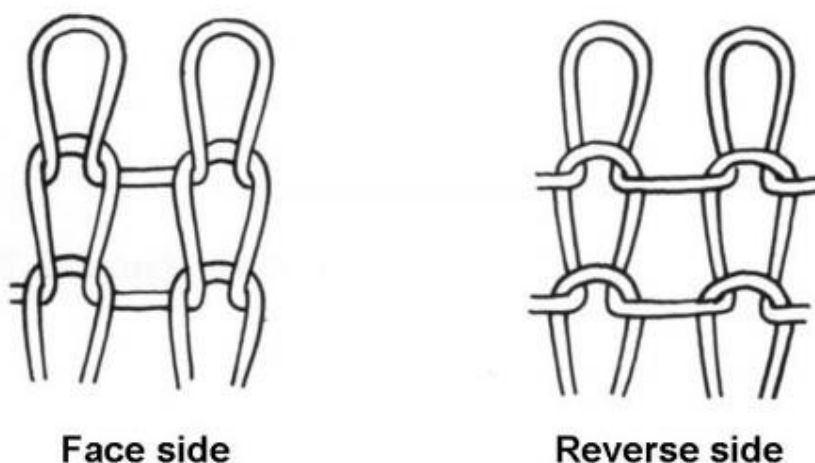


Рисунок 1.2 – Зображення стібку трикотажу типу «Джерсі»

У такого типу стібку трикотажу петлі з'єднуються в одному напрямку, в результаті чого тканина має один вигляд на лицьовій стороні та інший вигляд на виворітній (зворотній) стороні.

Трикотажний стібок типу «Джерсі» широко використовується у в'язанні светрів, суконь, спортивних сорочок та інших предметів спортивного одягу.

До основних характеристик одинарного трикотажу можемо віднести:

1. односторонній візерунок;
2. тонкий, у наслідок чого готовий виріб має малу вагу;

3. виробництво такого трикотажу можна віднести до швидкого та ефективного виробництва;
4. маємо властивість скручування країв трикотажу, що в свою чергу ускладнює його обробку;
5. трикотаж частково нестійкий, чутливий до спотворення стібків, що ускладнює роботу з ним.

Трикотаж типу «Джерсі», як правило, скочуються по краях через пряжу, іноді відбувається спотворення петлі. Структура строчки трикотажу розширюється як у бічному, так і в поздовжньому напрямках; проте бічне розширення вдвічі більше поздовжнього розширення. Це тому, що петля пряжі втягнута в поздовжній напрямок може збільшуватись лише на половину довжини, тоді як при натягуванні в поздовжньому напрямку, він може поширюватися на всю довжину.

#### 1.1.2 Стібок трикотажу типу «Ребро»

Стібок трикотажу типу «Ребро» має однаковий зовнішній вигляд з обох сторін, що обумовлено тим, що стібки поперемінно з'єднуються між собою на лицьовій та зворотній сторонах тканини. Зображення такого стібку наведено на рисунку 1.3. Таким чином, ребристий стібок насправді є сумішшю двох сторін трикотажної строчки. Тканини, що використовують ребристий стібок, також відомі як тканини з подвійним трикотажем або подвійним обличчям.

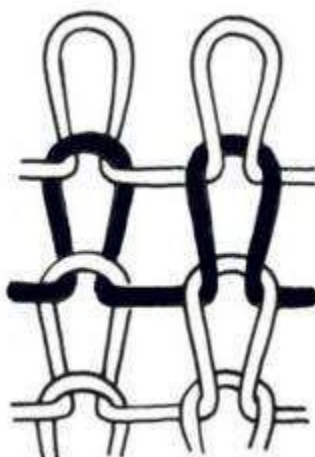


Рисунок 1.3 – Зображення стібку трикотажу типу «Ребро»

Точно так само перший рубець мав би вигляд трикотажної тканини, наступний виворітний трикотаж тощо, по всій тканині. Найпростіша форма реберного стібка - це ребро 1 x 1. Однак існує безліч інших конструкцій стібків ребер, таких як 2 x 2, 2 x 1, 3 x 1 тощо.

Трикотаж типу «Ребро» має чудову еластичність по ширині, особливо тканина, в'язана в структурі ребер 2 x 2. Через цю властиву еластичність трикотажу, у його складі можна використовувати пряжу, що має відносно низьку еластичність. Хочемо зазначити, що трикотаж типу «Ребро» широко використовується в обробці рукавів, поясів светрів та комірках. За допомогою реберних конструкцій можна досягти розширення до 140%. Однак із збільшенням кількості рубців у кожному ребрі еластичність зменшується, оскільки зменшується кількість перемикачів з реверсу на фронт.

Перевагою трикотажу з ребристим стібком є те, що вони не скручуються по краю і, отже, не створюють труднощів при різанні. Причиною відсутності завивки є те, що рубець, як правило, врівноважує ефект один одного.

Отже, зазначимо основні властивості, що притаманні трикотажу типу «Ребро» (розміри ребер 1x1):

1. такий трикотаж є двостороннім, його можна використовувати, як на лицьову сторону так і на виворіт;
2. такий трикотаж є товстим, можна використовувати для щільних виробів; має середню вагу;
3. трикотажу притаманна властивість розтягування, після зняття зусилля, що працювало на розтягування, трикотаж повертається до початкової форми плетіння, тобто відновлює ширину;
4. структуру даного типу трикотажу можемо віднести до збалансованих.

### 1.1.3 Стібок трикотажу типу «Виворіт»

Стібок трикотажу типу «Виворіт» насправді є не основним стібком, а різновидом стібка трикотажу типу «Ребро». У конструкції він нагадує дві окремі тканини з ребрами 1 х 1, які переплетені між собою, тобто в'яжуться по черзі на протилежних голкових ліжках, але на інших спицях. Для завершення одного ряду потрібні два протилежні в'язані курси або траверси. Таким чином, блокувальний стібок товщі та важчий, ніж тканина з ребристим стібком того самого калібру. Він має однаковий зовнішній вигляд з обох сторін, має хорошу розтяжку та відновлення по ширині, та стабільну, збалансовану структуру.



Рисунок 1.4 – Зображення стібку трикотажу типу «Виворіт»

Блокуючий стібок забезпечує тканину з надзвичайно м'якою ручкою, високим ступенем стійкості тканини та хорошим поглинанням вологи. Легко обробляти при різанні, і, як і всі реберні структури трикотажу, не скручуються по краях.

### 1.1.4 Стібок трикотажу типу «Блокіратор»

Виворітна строчка - це поєднання зворотного та лицьового стібків трикотажу, але не так, як у основної реберної структури. На відміну від ребристих стібків, які мають поперемінні ребра лицьового та зворотного боку

трикотажу, виворітний стібко виробляє альтернативні ходи вивороту та лицевого трикотажу.

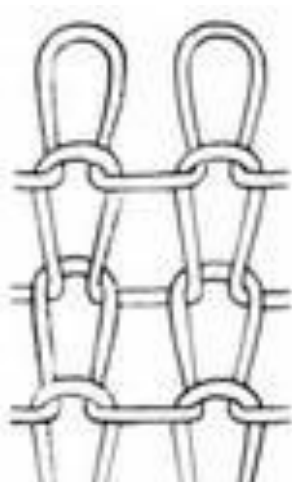


Рисунок 1.5 – Зображення стібку трикотажу типу «Блокіратор»

## 1.2 Варіанти в структурі стібка трикотажу

Модифікації дизайну можна змінювати шляхом введення в трикотажні тканини основних стібків але різними способами. Найпростіший спосіб -це в'язати різнокольорові нитки з заздалегідь визначеними інтервалами, щоб отримати ефект смужки або використовувати вишукані нитки, такі як пряжа букле. При їх введенні не змінюється основна структура стібка; конструкція досягається виключно складовими нитками.

Існує два основні методи введення дизайну у в'язання, шляхом: по-перше, нанесення голок для виготовлення стібкового шву (промах) або вишивання стібку; по-друге, змінюючи або комбінуючи три основні стібки.

### 1.2.1 Структура тканини стібку «Кардиган»

Хочемо зазначити особливість, на які наголошують фахівці та автори наукових статей, що шов під швом насправді не є швом. Він виробляється, коли голка не вловлює пряжу, коли вона подається, і нова пряжа проходить позаду раніше проведеної петлі. Таким чином, пропущена пряжа плаває на зворотному боці тканини у незакріпленому вигляді, як показано на рисунку 1.6.

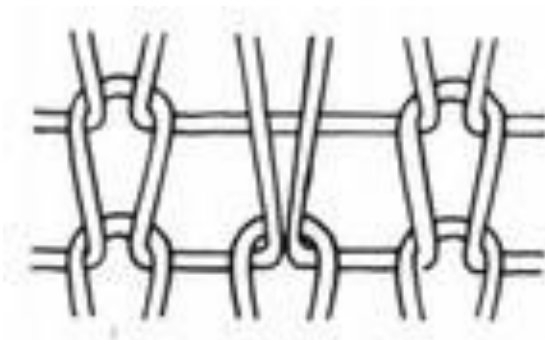


Рисунок 1.6 – Зображення стібку, коли голка не вловлює пряжу  
Спотворена структура петлі відрізняється від структури, що створюється стібком з-за нагромадження петель. Пластиковий стібко використовується при в'язанні трикотажних, виворітних і реберних тканин. Вишивка кардигану виробляється на машинах з двома наборами голкоподібних голок - спиці, що в'яжуться і заправляються, а потім заправляються та в'яжуться. Іншими словами, поки один набір спиць в'яже, інший набір заправок.

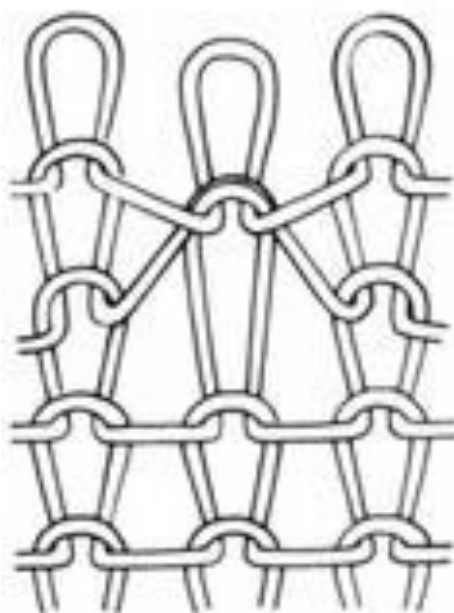


Рисунок 1.7 – Структура тканини, вироблена повним стібком кардигану  
На наступному рівні відбувається зворотний бік, затягування звичайних голок та в'язання реберних голок. Структура тканини, вироблена повним стібком кардигану, показана на рисунку 1.7. Тканина має однаковий вигляд з обох сторін, з рівною кількістю петель на лицьовій і виворітній сторонах тканини.



Вишивка напівкардиганом - це різновид повного стібка кардигану. Він виробляється, коли один набір голок в'яжеться на всіх рівнях, тоді як протилежний набір голок поперемінно в'яжеться і заправляється на послідовні рівні. Лицьова сторона та виворітна сторона тканини, вироблені стібком напівкардиган, показані на рисунку 1.8.

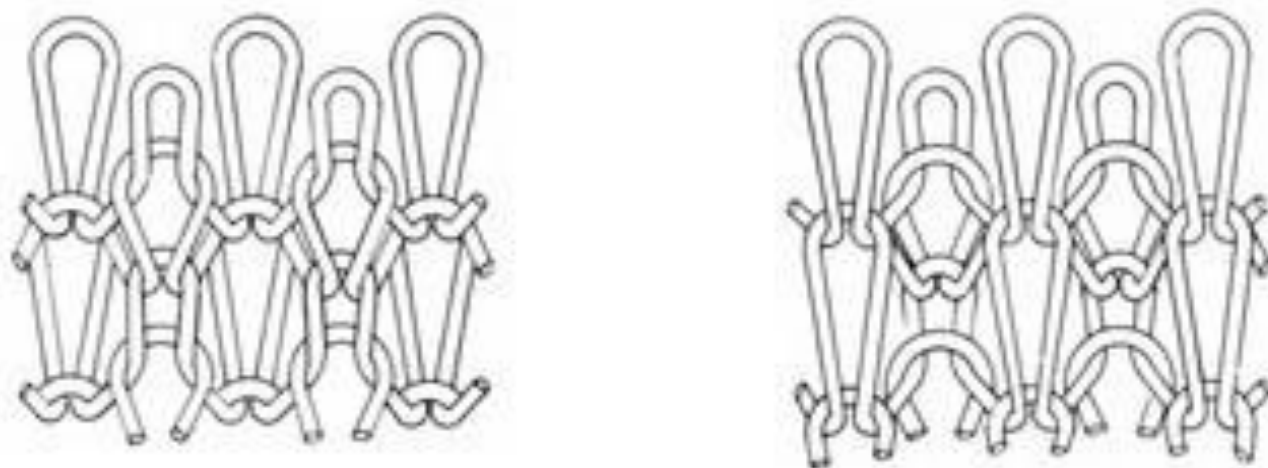


Рисунок 1.8 – Структура лицьової сторони та виворітної сторони тканини, що вироблено стібком напівкардиган

### 1.2.2 Структура тканини стібку «Жакард»

Походження терміну «Жакард» полягає в ткацтві, а не в'язанні. Він увійшов у користування в 1804 році для опису техніки, що розроблено Джозефом Марі Жакардом, щодо контролю подачі ниток основи при ткацтві за допомогою перфорованих карток. Цей термін почали використовувати у широкому вжитку лише набагато пізніше, коли подібна система перфорованих карток була розроблена як кріплення до плоских в'язальних машин з V образним ліжком. В'язана жакардова тканина - це тканина, що виготовлена на ребрі або виворітній машині, в якій кольоровий малюнок було виготовлено в'язанням та наплавленням (пропущеним в'язанням) вибраних спиць. Хоча перфоровані картки та колеса з малюнком це інші механічні пристрої, які використовуються для управління діями голки, сучасні машини незмінно керуються комп'ютером.

Якість тканини у вовняному трикотажі може стосуватися щільності тканини або частоти дефектів. У статтях наукових видань, присвячених

ткацтву, зазначено великий перелік дефектів трикотажу, згрупованих залежно від того, походять вони від пряжі, виробництва, обробки або доробки. Щільність стібка пов'язана з довжиною пряжі в трикотажній петлі.

Факторами, на які впливає зміна довжини циклу, є:

1. Щільність стібка трикотажу.
2. Вага та вартість тканини.
3. Розміри тканини та розмір панелі (фасонний трикотаж).
4. Стабільність розмірів.
5. Релаксаційна усадка.
6. Сила розриву.

1.3 Загальні відомості трикотажу, що необхідно враховувати при проектуванні вимірювальної системи

В нашій магістерській дисертації, виходячи з назви «Дослідження інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу» ми будемо проводити визначення одного показнику якості трикотажу, адже повітропроникність є одним з переліку інших властивостей.

Хочемо зазначити той момент, що однорідність петель трикотажу також залежить від фізико-механічних властивостей ниток трикотажу. При проектуванні вимірювальної системи ми будемо приймати той факт, що петлі приблизно однакові, щоб не сканувати всю поверхню трикотажного полотна. Таке спрощення ми вводимо на основі того, що трикотаж одного відрізу виготовлений на професійному ткацькому устаткуванні автоматично, тому розміри петлі, сила натягу та інші параметри будуть однакові для всієї площини трикотажу. Хоча система здатна вимірювати будь-які складні конфігурації трикотажу.

Хочемо зазначити, які показники трикотажу необхідно контролювати при в'язанні трикотажу та при проведенні комплексного контролю трикотажу. Зазначимо найбільш інформативні якісні показники трикотажу, за якими визначають їх якість у таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Якісні показники властивостей трикотажу

Якісна характеристика, властивість	Якісні показники властивостей трикотажу			
	Назва	Одиниці вимірювання	Нормований показник	Вагомість
Матеріалоемність	Поверхнева щільність	г/м <sup>2</sup>	187±7	0,21
	Висота петлі	мм	2,5±0,4	0,21
Стиснення (компресія)	Показник стиснення	мм.рт.ст	18-46	0,15
Дефектність	Кількість дефектів	шт	8	0,09
Пружність	Показник швидкозворотньої деформації по горизонталі	%	0,40	0,04
	Показник швидкозворотньої деформації по вертикалі	%	0,51	0,04
Вимірювання лінійних розмірів після вологих обробок	Показник лінійної усадки по горизонталі	%	60±5	0,03
	Показник лінійної усадки по вертикалі	%	40±5	0,03
Міцність	Розривне навантаження по горизонталі	Н	3,75±0,06	0,02
	Розривне навантаження по вертикалі	Н	3,08±0,07	0,02
Зручність в експлуатації (комфорт)	Показник зручності в експлуатації	%	100	0,05
Зносостійкість	Показник зносостійкості до прання	Кількість циклів	694±7	0,05
Вологопоглинання	Приріст вологи	%	128-256	0,03
Повітропроникність	Показник повітропроникності	дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> с	459	0,03

Виконання даної магістерської дисертації складається з дослідження останнього показника, що визначає якість трикотажу, повітропроникності трикотажу. Тому будемо притримуватись завдання та розпочнемо огляд методів, що дозволять нам оцінити якість трикотажу. Розпочнемо ми його з огляду будь-яких методів, що знайдемо у літературних джерелах. Звичайно,

будемо дотримуватись у пошуку методу, що визначає саме повітропроникність трикотажу.

Наш метод контролю буде проводитись наступним чином: після визначення фактичних показників повітропроникності зразку трикотажу, ми будемо порівнювати їх з встановленими нормами.

#### 1.4 Висновок до розділу 1

У першому розділі магістерської дисертації ми провели аналітичне дослідження властивостей трикотажу, основних видів трикотажу. Ми розглянули наступні структури плетіння ниток та зазначили властивості трикотажу (переваги та недоліки) типу «Джерсі», «Ребро», «Виворіт», «Блокіратор». Також ми вивчили структуру стібку трикотажу «Кардиган» та «Жакард», їх переваги та недоліки ми зазначили у першому розділі.

Ми вважаємо, що описаної інформації в першому розділі достатньо, щоб зрозуміти, що трикотаж має просвіт у петлі трикотажу будь-якого виду, це ми можемо побачити на зображеннях структур різних типів рисунки 1.2-1.5. Така графічна інформація про об'єкт дослідження (трикотаж) нам необхідна, щоб врахувати при проектуванні лабораторного макету інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу. Тільки для більш складних видів плетінні та високої щільності трикотажу, можливо будуть певні складнощі при визначенні повітропроникності.

Також ми очікуємо певні складнощі, щодо визначення повітропроникності для світлих трикотажів, адже контраст нитки трикотажу вищий для темних кольорів і це відомий факт. А отже ми можемо стикнутися в недоліком власної інформаційно-вимірювальної системи. Проте, система визначає геометрію трикотажу за випромінюванням. І для фіксації цього випромінювання нам необхідна телевізійна камера. Проте, щоб підтвердити або спростувати цей факт нам необхідно провести

експериментальні дослідження на одному типі трикотажу білого кольору та темного кольору.

Хочемо зазначити, що наш метод контролю буде проводитись наступним чином: після визначення фактичних показників повітропроникності зразку трикотажу (визначимо експериментальним шляхом на власно спроектованій вимірювальній системі), ми будемо порівнювати їх з встановленими нормами.

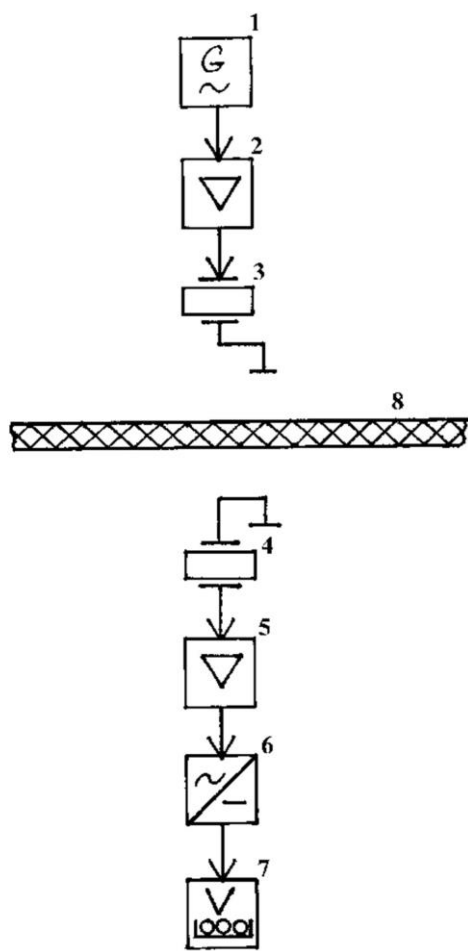
## РОЗДІЛ 2 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ТРИКОТАЖУ

В даному розділі магістерської дисертації розглянемо відомі методи контролю текстильних матеріалів. Для розгляду обрано два основних методи. По-перше, метод ультразвукового контролю текстильних матеріалів. По-друге, диференційний метод визначення параметрів якості трикотажу базується на методі співставлення вимірних показників трикотажу з нормованими показниками.

Для нашого огляду ми обрали лише два методи, а саме ультразвуковий, що відноситься до контактного методу, та диференційний, що відноситься до безконтактного методу неруйнівного контролю. Ми вважаємо, що по одному методу з таких різних видів контролю достатньо, щоб зрозуміти як саме і на базі якого методу ми плануємо провести проектування власної інформаційно-вимірювальної системи. Також хочемо додати, що наш вибір методів для проведення аналітичного дослідження також був обґрунтований відносною простотою реалізації методу та доступністю складових вузлів майбутньої вимірювальної системи повітропроникності трикотажу.

### 2.1 Ультразвуковий метод визначення параметрів якості трикотажу

Пошук літературних джерел з цього питання надав найбільше матеріалів з ультразвукового методу контролю текстильних матеріалів. Виявилось, що це роботи вітчизняних науковців професора Здоренко В.Г. та доцента Барилко С.В. Розглянемо принцип дії цього методу.



Реалізація ультразвукового методу наступна. Генератор 1 формує синусоїдальний сигнал частотою 22 кГц, що підсилюється у блоці 2. У такий спосіб відбувається збудження ультразвукових коливань у блоці 3, а саме в актюаторі, що передаються зразку текстилю 8. Після чого сигнал змінюється у електричний та надходить до блоку 4, а саме електричного перетворювача, та підсилюється у блоці 5. У блоці 6 виокремлюють амплітуду напруги, показник якої відображається на вольтметрі 7. Отриманий показник напруги порівнюємо за формулою, чому буде дорівнювати густина трикотажу.

Рисунок 2.1 – Структурна схема реалізації ультразвукового методу контролю текстильних матеріалів

## 2.2 Диференційний метод визначення параметрів якості трикотажу

### Диференційний метод визначення параметрів якості трикотажу

базується на методі співставлення вимірних показників трикотажу з нормованими показниками. Такий вид співставлення та розрахунку відповідності параметрів нормованим показникам проводять за формулами. У тому випадку, коли після розрахунку отримують показник вище 1, вважають, що трикотаж якісний за цим показником. Для проведення комплексної оцінки необхідно провести такий метод контролю по всім іншим показникам, після чого трикотаж можна вважати якісним по всім показникам.

При проектуванні нашої інформаційно-виміральної системи ми хочемо реалізувати саме цей метод контролю.

Наведемо реалізацію такого методу на прикладі вимірювальної системи, що описано в роботі Галавської Л.Є, еліна Т.В., Демчишин А.А., Аушева Н.М. Науковці розробили інформаційно-вимірювальну систему для визначення метричних та структурних параметрів трикотажу. Зображення вікна програмного забезпечення цього вимірювального комплексу наведемо нижче на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Зображення вікна програмного забезпечення цього вимірювального комплексу метричних та структурних параметрів трикотажу

В нашій магістерській роботі ми плануємо спроектувати систему дещо схожою на цю. Хочемо зазначити, що наш метод контролю буде проводитись наступним чином: після визначення фактичних показників повітропроникності зразку трикотажу (визначимо експериментальним шляхом на власно спроектованій вимірювальній системі), ми будемо порівнювати їх з встановленими нормами. Розробку інформаційно-вимірювальної системи плануємо зробити на базі оптичного мікроскопу, щоб отримати краще зображення плетіння трикотажу у поєднанні з телевізійною камерою. Також нам знадобиться комп'ютер з необхідним



програмним забезпеченням відеозахоплення, що дозволить нам проаналізувати структуру та розміри петлі трикотажу та визначити повітропроникність.

### 2.3 Висновки до розділу 2

В другому розділі магістерської дисертації ми виконали огляд методів та засобів визначення повітропроникності трикотажу. Для нашого огляду ми обрали лише два методи, а саме ультразвуковий, що відноситься до контактного методу, та диференційний, що відноситься до безконтактного методу неруйнівного контролю. Ми вважаємо, що по одному методу з таких різних видів контролю достатньо, щоб зрозуміти як саме і на базі якого методу ми плануємо провести проектування власної інформаційно-вимірювальної системи. Ультразвуковий метод визначення параметрів якості трикотажу базується на механічній дії на трикотаж, створенні високочастотного сигналу, що під надходить на поверхню трикотажу. Після чого сигнал змінюється з ультразвукового у електричний та надходить до блоку електричного перетворювача та підсилюється. Потім виокремлюють амплітуду напруги, показник якої відображається на вольтметрі. Отриманий показник напруги порівнюється з відповідним показником густини трикотажу.

В нашій магістерській роботі ми плануємо взяти за аналог систему, що описали у пункті 2.2 другого розділу. Хочемо зазначити, що наш метод контролю буде проводитись наступним чином: після визначення фактичних показників повітропроникності зразку трикотажу (визначимо експериментальним шляхом на власно спроектованій вимірювальній системі), ми будемо порівнювати їх з встановленими нормами. Розробку інформаційно-вимірювальної системи плануємо зробити на базі оптичного мікроскопу, щоб отримати краще зображення плетіння трикотажу у поєднанні з телевізійною камерою. Також нам знадобиться комп'ютер з необхідним програмним забезпеченням відеозахоплення, що дозволить нам

проаналізувати структуру та розміри петлі трикотажу та визначити повітропроникність.

### РОЗДІЛ 3 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСАД КОНСТРУЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ТРИКОТАЖУ

Дослідження інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу розпочнемо з теоретичних засад конструювання таких систем. Отже давайте розглянемо структурну схему, в якій зазначимо структурні вузли майбутньої інформаційно-вимірювальної системи.

Хочемо зазначити, що проектувати вимірювальну систему будемо на засадах оптичної мікроскопії у поєднанні з електричними складовими обробки випромінювання об'єкту дослідження (трикотажу), а саме телевізійною камерою і комп'ютеру з програмним забезпеченням. Такий план побудови лабораторного макету обрано через доступність складових вузлів, телевізійної камери. Програмне забезпечення, що працює у режимі відеозахоплення випромінювання об'єкту, ми обираємо з можливих доступних варіантів, що розміщені у просторі інтернету у вільне користування. Ми будемо використовувати програмне забезпечення, що дозволить нам отримати об'ємні зображення зразків трикотажу. Щодо освітлення об'єкту вимірювання, то ми будемо використовувати при проведенні експериментальних досліджень два джерела освітлення. А саме: базове, класичне для оптичного мікроскопу (галогенну лампу, що входить у конструкцію оптичного мікроскопу), світлодіодне (за оцінками експертів та наукових дослідників ми читали результати дослідження світлодіодної лампи, що вона є стабільною та забезпечує рівномірний розподіл сили світла на об'єкт вимірювання.)

Отже, нам необхідно дослідити основи формування вимірювального сигналу системи з урахуванням властивостей трикотажу. При проведенні аналітичного дослідження властивостей трикотажу, ми зазначали зображення стібків, таку інформацію представлено у розділі 1. Об'єкт вимірювання є непрозорим, нашою задачею є виявлення розміру площі, що

пропускає повітря крізь тіло трикотажу. А отже при дослідженні випромінювання загальної картини площі об'єкту (полотна трикотажу), нам необхідно визначити рівень випромінювання де є нитка і рівень випромінювання у місцях де вона відсутня, а отже за загальною картиною провести розрахунок пікселів з високим рівнем та з низьким. Це можна зробити програмно, для оцінки кількості пікселів з найвищим та найнижчим рівнем випромінювання.

### 3.1 Формування вимірювального сигналу інформаційно-вимірювальної системи

Розглянемо фізичну модель формування вимірювального сигналу інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу. Хочемо зазначити, що за кількісну характеристику оптичного поля трикотажу оберемо спектральну яскравість  $L(\lambda, T)$ . У такий спосіб ми отримуємо сигнал, що несе інформацію про випромінювання трикотажу, а також структуру плетінні трикотажу та інші параметри. Отже коротко опишемо як відбувається формування вимірювального сигналу. Випромінювання від галогенної лампи (світлодіодної лампи) яскравістю  $L(\lambda)$  проходить через трикотаж у такий спосіб формується інформаційний потік  $\Phi^u(x, y, \lambda)$ , після чого сигнал надходить до світлового фільтру і потік трансформується у  $\Phi^u$ . Сигнал надходить до матриці камери на світлочутливі елементи (пікселі) у вигляді освітленості  $E(\lambda_1)$ . Освітленість трансформується у масив зарядів  $q(\lambda_1)$  та струм і в кінцевому варіанті трансформується у напругу  $U(\lambda_1)$ , яка утворює сигнал  $A(\lambda_1)$ .

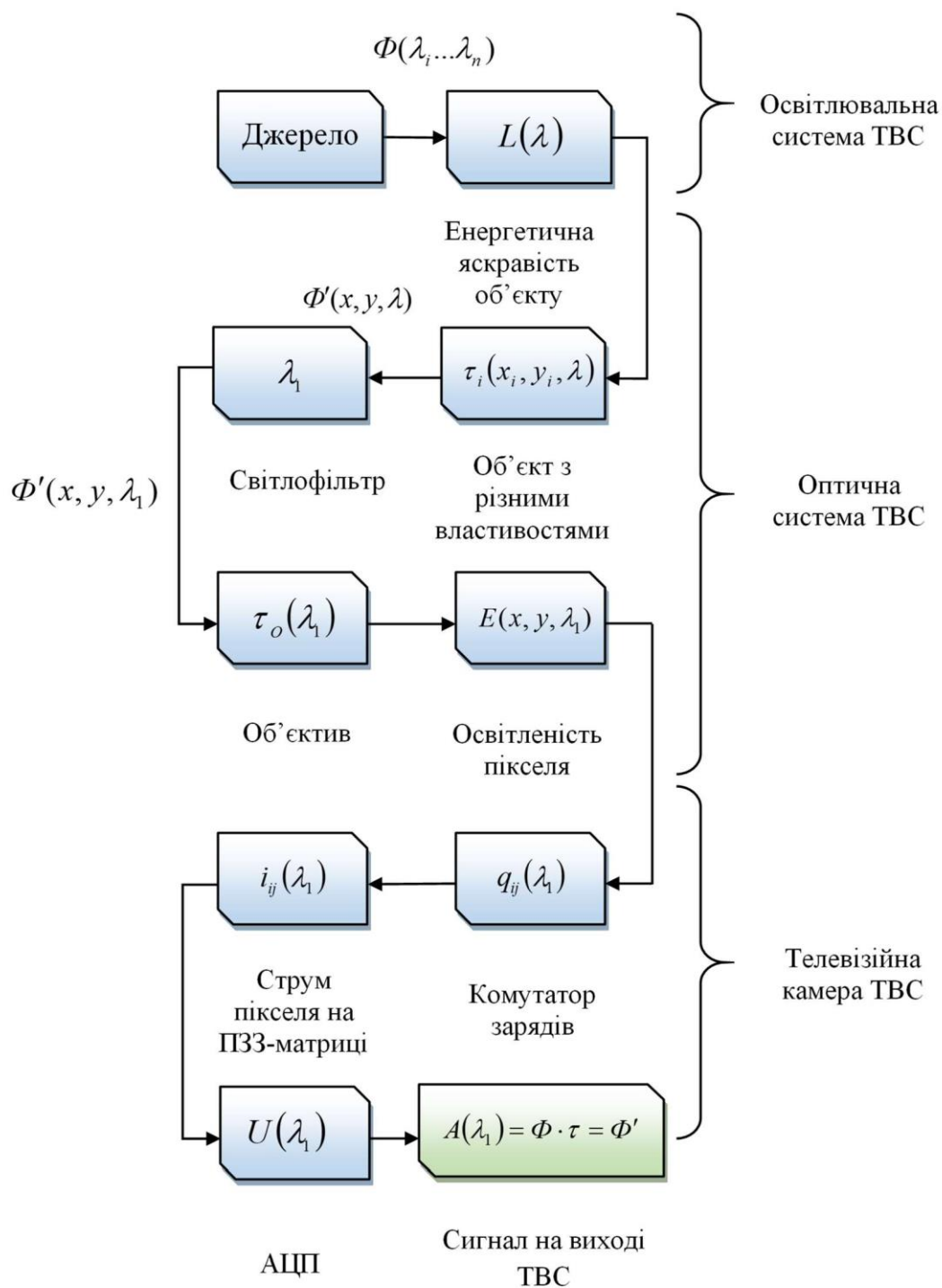


Рисунок 3.1 – Схема формування вимірювального сигналу інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу

Основний закон формування вимірювального сигналу та роботи інформаційно-вимірювальної системи побудовано на основі закону Планка. Закони випромінювання у магістерській дисертації розписувати не будемо,

адже, вважаємо, що дублювати її не потрібно, а краще навести власні результати дослідження.

### 3.2 Висновки до розділу 3

Дослідження інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу розпочали з теоретичних засад конструювання таких систем. Ми розглянули структурну схему, в якій зазначимо структурні вузли майбутньої інформаційно-вимірювальної системи. Хочемо зазначити, що проектувати вимірювальну систему будемо на засадах оптичної мікроскопії у поєднанні з електричними складовими обробки випромінювання об'єкту дослідження (трикотажу), а саме телевізійною камерою і комп'ютеру з програмним забезпеченням.

Такий план побудови лабораторного макету обрано через доступність складових вузлів, телевізійної камери. Програмне забезпечення, що працює у режимі відеозахоплення випромінювання об'єкту, ми обирали з можливих доступних варіантів, що розміщені у просторі інтернету у вільне користування. Ми плануємо використовувати програмне забезпечення, що дозволить нам отримати об'ємні зображення зразків трикотажу. Щодо освітлення об'єкту вимірювання, то ми будемо використовувати при проведенні експериментальних досліджень два джерела освітлення. А саме: базове, класичне для оптичного мікроскопу (галогенну лампу, що входить у конструкцію оптичного мікроскопу), світлодіодне (за оцінками експертів та наукових дослідників ми читали результати дослідження світлодіодної лампи, що вона є стабільною та забезпечує рівномірний розподіл сили світла на об'єкт вимірювання.)

Отже, у третьому розділі нами досліджено основи формування вимірювального сигналу системи з урахуванням властивостей трикотажу. При проведенні аналітичного дослідження властивостей трикотажу, ми зазначали зображення стібків, таку інформацію представлено у розділі 1. Об'єкт вимірювання є непрозорим, нашою задачею є виявлення розміру

площі, що пропускає повітря крізь тіло трикотажу. А отже при дослідженні випромінювання загальної картини площі об'єкту (полотна трикотажу), нам необхідно визначити рівень випромінювання де є нитка і рівень випромінювання у місцях де вона відсутня, а отже за загальною картиною провести розрахунок пікселів з високим рівнем та з низьким. Це можна зробити програмно, для оцінки кількості пікселів з найвищим та найнижчим рівнем випромінювання.

## РОЗДІЛ 4 ЛАБОРАТОРНИЙ МАКЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ТРИКОТАЖУ

Четвертий розділ дисертації ми присвятили проектування та розробці лабораторного макету інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу. Розробили структурну схему інформаційно-вимірювальної системи. Виконали ґрунтовний підбір складових вузлів системи. Більш детальну інформацію по цим питанням можна прочитати у підрозділах 4.1.1 – 4.4.5 цього розділу.

### 4.1 Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу

Хочемо зазначити, що ми розпочнемо проектувати та збирати лабораторний макет інформаційно-вимірювальної системи, адже до того часу як ми не проведемо дослідження та не отримаємо необхідної точності вимірювання необхідного показнику, ми не можемо вважати наш лабораторний макет готовою вимірювальною системою. Тому опишемо з яких складових буде складатись наш лабораторний макет інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу.

Хочемо зазначити, що при складанні мікроскопічної системи з об'єктивом, скоригованим на нескінченність, існує дві установки для включення камери для відеопотоку в реальному часі та захоплення кадру. Залежно від простоти налаштування можна швидко і легко побудувати цифрову мікроскопічну систему зі збільшенням до 200X. Найпростіша установка включає лише чотири компоненти: камеру, подовжувач, лінзу трубки та об'єктив мікроскопу. Проте ми наведемо приклад системи де за основне тіло обирають оптичний мікроскоп. На рисунку 4.1 наведемо узагальнену структуру майбутньої вимірювальної системи.



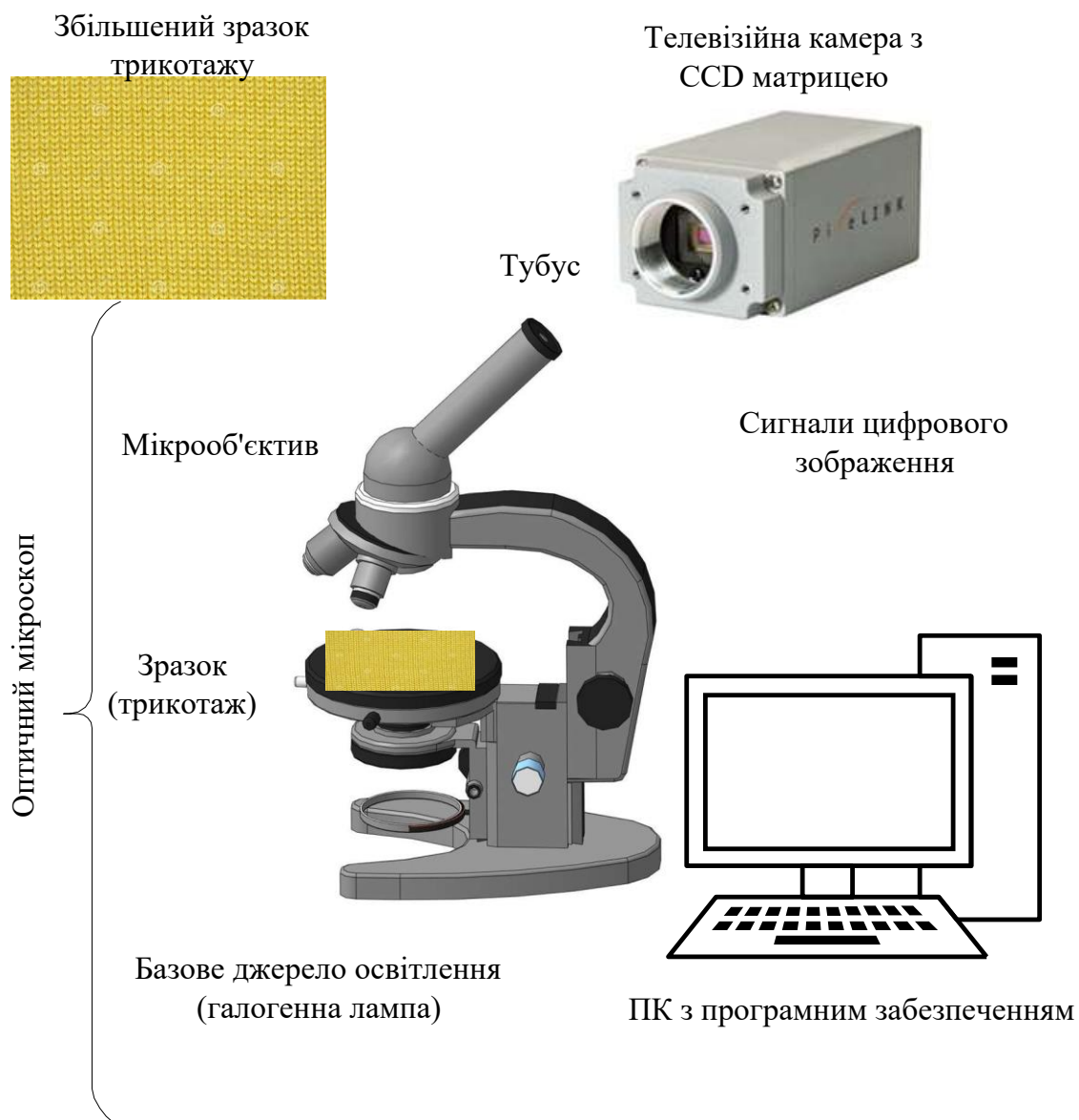


Рисунок 4.1 – Структура побудови лабораторного макету інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу

Основним елементом лабораторного макету ми обираємо оптичний мікроскоп, у якого є власне базове джерело живлення (галогенна лампа). На той час коли виробництво цих мікроскопів мало серійне виробництво, джерела освітлення відповідали вимогам того часу. Проте, наразі ми повинні вдосконалити цей вузол, адже, виробництво джерел освітлення зробило величезний крок та розробило нові джерела, що виготовляються зовсім за іншими технологіями. А звідси ми розуміємо, що і інтенсивність розподілу і сила світла будуть мати інший характер ніж для галогенної лампи.

Щоб зібрати відповідний лабораторний макет, ми розпочнемо виконувати вибір та обґрунтування складових вузлів.

#### 4.1.1 Вибір та обґрунтування оптичного мікроскопу

По-перше, виконаємо огляд та обґрунтування основного оптичного елементу, а саме оптичного мікроскопу. На що ми будемо звертати увагу, це на характеристики мікроскопу; наявність об'єтивів для збільшення зображення, іноді вони йдуть у комплекті, проте, це майже не зустрічається; показники фокусної відстані, джерело освітлення мікроскопу.

Хочемо зазначити, що конструкція сучасних мікроскопів значно мінилася за всю історію їх існування. Ці зміни стосуються наступних складових: кількість лінз, фільтрів, поляризаторів, розсіювачі променів, датчиків, джерела освітлення та безліч інших компонентів. Розглянемо компоненти мікроскопу. Складений мікроскоп має кілька елементів лінзи. Він працює подібно до простої лупи, яка використовує одну лінзу для збільшення маленького предмету, щоб людське око розпізнавало його деталі. За допомогою простої лупи об'єкт розміщується в межах фокусної відстані однієї лінзи. Це створює збільшене віртуальне зображення. За допомогою мікроскопу система релейних лінз замінює одну лінзу; об'єтив та окуляр працюють у тандемі для проектування зображення об'єкта на око, або датчика залежно від застосування. Мікроскоп має дві частини, які збільшують загальне збільшення системи: об'єтив та окуляр. Об'єтив, розташований ближче до об'єкту, передає реальне зображення об'єкту окуляру. Ця частина мікроскопу потрібна для збільшення базового збільшення. Окуляр, розташований ближче до ока чи датчика, проектує та збільшує це реальне зображення і дає віртуальне зображення об'єкту. Окуляри, як правило, отримують додаткове збільшення в 10 разів, але це може варіюватися від 1X - 30X.

Цифровий мікроскоп використовує камеру для запису та захоплення зображень. Традиційний мікроскоп виконує візуальний огляд за допомогою окуляра, але цифровий мікроскоп досягає вищої роздільної здатності та вищої точності, ніж зазвичай спостерігається в людському оці. Існує безліч програм та установок для цих мікроскопів, починаючи від використання стандартних цілей DIN та JIS і закінчуючи вдосконаленими цілями з коригуванням на нескінченність. Цифрові мікроскопи з корекцією нескінченності можуть бути досить складними для збирання; проте знання, які компоненти використовувати і як вони працюють разом, робить процес доступним для біологічних, промислових та будь-яких інших інспекційних застосувань.

Нажаль, ми не володіємо можливостями придбати готовий цифровий мікроскоп, тому будемо власними силами вдосконалювати його до рівня цифрового. Це можна зробити лише додавши до оптичного мікроскопу телевізійної камери, що розширить наші можливості по формі отримання зображення об'єкту (трикотажу) та можливостям обробки результатів вимірювання.

У магістерській дисертації цього розділу, ми наведемо приклади оптичних мікроскопів, що можливо буде вдосконалити до рівня цифрового мікроскопу.

#### 4.1.1.1 Оптичний мікроскоп типу Bresser Erudit MO 20-1536x

Першим розглянемо оптичний мікроскоп типу Bresser Erudit MO 20-1536x, дана модель є доступною та відповідає основним нашим вимогам, що ми висунули перед вибором мікроскопу. Ми надамо перевагу тому мікроскопу, у якого в комплект буде входити об'єктив, хоча б один. Розширити можливості оптичного мікроскопу щодо збільшення зображення об'єкту, ми можемо застосувавши додаткові об'єктиви, огляд яких проводили у розділі 4.1.4.

У оптичного мікроскопу типу Bresser Erudit MO 20-1536x у комплекті іде один окуляр та три об'єктиви. Джерело освітлення мікроскопу світлодіодне. Таке освітлення має рівномірний розподіл сили світла по поверхні об'єкту дослідження, у нашому випадку по поверхні трикотажу.



Рисунок 4.2 – Зображення оптичного мікроскопу типу Bresser Erudit MO 20-1536x

Дана модель оптичного мікроскопу має ряд переваг для його використання як вузла, інформаційно-вимірювальної системи. До переваг віднесемо кількість об'єтивів, що входять у комплект. Вони дають мінімальне збільшення 20X. Це є скоріше недоліком для проведення експериментальних досліджень повітропроникності трикотажу. На нашу думку нам буде необхідний об'єктив з мінімальним збільшенням 4X. Світлодіодне освітлення оптичного мікроскопу, нажаль, для нас стала недоліком. Через те, що нам необхідно провести експериментальні

дослідження з галогенним освітленням та з світлодіодним. Тому розгляд даної моделі мікроскопу для нас не є перспективним.

#### 4.1.1.2 Оптичний мікроскоп типу «Біологічний 35X-400X»

Розглянемо другу модель оптичного мікроскопу щодо можливості реалізації її у нашій інформаційно-вимірювальній системі. У оптичного мікроскопу типу «Біологічний 35X-400X» у комплекті іде два окуляри та три об'єктиви 7X, 15X, 40X. Джерело освітлення мікроскопу не зазначено.



Рисунок 4.3 – Зображення оптичного мікроскопу типу «Біологічний 35X-400X»

Дана модель оптичного мікроскопу має ряд переваг для його використання як вузла, інформаційно-вимірювальної системи. До переваг віднесемо кількість об'єктивів, що входять у комплект. Вони дають мінімальне збільшення 7X, 15X, 40X. Це є скоріше недоліком для проведення експериментальних досліджень повітропроникності трикотажу.

На нашу думку нам буде необхідний об'єктив з мінімальним збільшенням 4X. Освітлення оптичного мікроскопу не відоме.

#### 4.1.1.3 Оптичний мікроскоп типу МБР-1

Розглянемо конструкцію оптичного мікроскопу МБР-1. Збільшення мікроскопу може варіюватись в межах від 56X до 1350X. Апертура конденсора дорівнює від 0,3 до 1,2. Об'єктиви, що входять у комплект мікроскопу наступні: 8 x 0,20; 9 x 0,20; 40 x 0,65; 40 x 0,75 ВІ; 90 x 1,25 МІ.



Рисунок 4.4 – Зображення оптичного мікроскопу типу МБР-1

Окуляри, що входять до комплекту мікроскопу: Гюйгенса 7X; 10X; 15X; компенсаційний 15X. Джерелом освітлення мікроскопу є освітлювач ОІ-19, тобто галогенна лампа розжарювання (8 В, 20 В). Такий вид освітлення нас влаштовує, адже за завданням до магістерської дисертації ми повинні провести експериментальне дослідження з двома джерелами освітлення об'єкту, а саме, галогенною лампою та світлодіодною лампою.

Для проектування інформаційно-вимірювальної системи, ми оберемо саме цю модель оптичного мікроскопу, він повністю задовольняє вимогам

експерименту та нашим вимогам щодо основи, на якій будемо проектувати вимірювальну систему.

#### 4.1.2 Вибір та обґрунтування телевізійної камери

Вузлом інформаційно-вимірювальної системи, що відповідає за формування цифрового зображення з випромінювання, що надходить від об'єкту, є телевізійна камера. Їх розмаїття величезне. До основних класифікаторів, що відрізняють камери слід віднести матрицю камери (CCD або CMOS). Ми зазначили різні технології побудови зображення об'єкту, для кожної з цих матриць існують власні переваги та недоліки. Необхідно визначитись, а якщо теоретично важко це зробити, тоді пропонуємо провести ряд додаткових експериментальних досліджень

##### 4.1.2.1 Телевізійна камера типу Basler Scout Cameras

Розглянемо основні характеристики телевізійної камери типу Basler Scout Cameras у розрізі можливого застосування при побудові лабораторного макету інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу.

Телевізійна камера типу Basler Scout Cameras має ряд переваг, а саме, високу роздільну здатність та швидкодію. При її виготовленні було застосовано нову технологію Gigabit Ethernet (GigE) та новий інтерфейс FireWire.b. Отже, можемо зазначити, що ця камера вирізняється посеред інших камер (маємо на увазі інших виробників) найсучаснішими технологіями, що дозволяють отримати максимальну продуктивність від кожного датчику матриці.

Телевізійна камера типу Basler Scout має API, сумісний з GenICam, і використовує нові драйвери. Камери FireWire.b. До комплекту камери

виробник додає програмне забезпечення на основі графічного інтерфейсу, що дозволяє користувачам легко встановлювати параметри камери, регулювати якість зображення та керувати камерою з віддаленого комп'ютеру. Як видно з огляду інтерфейсу, вже можемо зазначити, деякі переваги. Найбільшою перевагою застосування даної камери є той факт, що у комплекті йде програмне забезпечення на основі графічного інтерфейсу, що полегшує роботу користувача з встановлення параметрів камери, регулювання якості зображення.



Рисунок 4.2 – Зображення телевізійної камери типу Basler Scout Cameras

Наведемо інформацію про основні технічні характеристики телевізійної камери даного типу у вигляді таблиці для зручності аналітичного дослідження та порівняння з іншими камерами, що ми будемо розглядати у цьому розділі.

Таблиця 4.1 - Технічні характеристики телевізійної камери типу Basler Scout Cameras

Керування камерою:	Via Software
Сімейство камер:	Scout
Тип затвора:	Global
Контроль експозиції:	За допомогою програмного забезпечення
Розміри (мм):	73,7 x 44 x 29
Виробник:	Basler
Тип датчика:	Progressive Scan CCD
Глибина пікселя	8-12 bit
Синхронізація	Зовнішнє або через програмне забезпечення
	C-Mount



#### 4.1.2.2 Телевізійна камера типу Allied Vision Mako U-029B USB 3.0, Monochrome Camera

Камери Allied Vision Mako USB 3.0 пропонують широкий вибір датчиків, і водночас зберігають однаковий компактний форм-фактор 49,5 x 29 x 29 мм. Живлення камери відбувається через інтерфейс USB і має оптоізовані входи та виходи. Даний тип камер оснащено функціоналом GPIO, за рахунок чого ми отримуємо максимальну гнучкість, необхідну для адаптації до конкретних потреб та об'єктів вимірювання. Хочемо зазначити певну особливість конструкції камери, а саме, дві неізовані лінії GPIO засновані на TTL і можуть програмуватись як вхід або вихід.



Рисунок 4.3 – Зображення телевізійної камери типу Allied Vision Mako USB 3.0

Наведемо інформацію про основні технічні характеристики телевізійної камери даного типу у вигляді таблиці.

Таблиця 4.2 Технічні характеристики телевізійної камери типу Allied Vision Mako U-029B USB 3.0, Monochrome Camera

Керування камерою:	USB 3.0
Розміри (мм):	49,5 x 29 x 29
Глибина пікселя:	8/10 Bit
Блок живлення:	Живлення через USB 3.0
Синхронізація:	Зовнішнє або через програмне забезпечення
Контроль експозиції:	44,2 $\mu$ s ... 1,4 s
Пам'ять (КБ):	1024,00
Робоча температура (° C):	-10 ... +70
Розмір пікселя, Г x В (мкм):	4,8 x 4,8
Температура зберігання (° C):	+5 ... +45
Тип датчику:	Progressive Scan CMOS
Вихід відео:	USB 3,0

Даний тип камер може забезпечити живленням і камеру, і за необхідності лазер (часто необхідний лазер для визначення мітки мішені на об'єкті вимірювання) у 2 Вт енергії. Але якщо стоїть така вимога у застосуванні потужного лазера, тоді краще надати перевагу іншим моделям, зокрема, Firewire, для якої необхідний показник енергії 25 Вт.

#### 4.1.2.3 Телевізійна камера типу JAI Camera Link® Cameras

Зазначений тип камер має найшвидший інтерфейс. Camera Link® забезпечує швидкість передачі до 3,6 Гбіт/с, що робить його ідеальним для потокового передавання даних зображень у високопродуктивних програмах машинного бачення, а тобто інформаційно-вимірювальних системах. Дані камери мають різноманітні функції. Наприклад, часткове сканування, функції зовнішнього триггеру, вбудована таблиця пошуку (LUT), асинхронне скидання, технологія прогресивного сканування і все це у поєднанні мінімізації розмірів камери. Хочемо зазначити, що роздільна здатність камери 5 мегапіксель, це один з найбільших показників, що нам зустрічались



Рисунок 4.4 – Зображення телевізійної камери типу JAI Camera Link® Cameras

Ці камери можуть бути пристосовані до різних умов використання у промисловості та науково-дослідних лабораторіях. Програми для цих камер JAI включають машинне бачення, візуалізацію, інтелектуальні системи, графіку високої чіткості, калібрування, розпізнавання символів, архівування документів та інтелект. Звісно використати таку камери нам не доведеться через вартість, але ми вважаємо за потрібне показати можливості сучасних

камер та можливості нових технологій, які пропонують нам виробники цих камер.

#### 4.1.2.4 Телевізійна камера типу Mintron 12v6hc-ex mono camera

Даний тип камер проєктовано на основі високочутливого датчику (матриці), за допомогою якого камера дає безперервний сигнал. Особливістю камери є той факт, що нею можна користуватись віддалено з комп'ютеру. Елементи керування охоплюють широкий діапазон витримок затвору з цифровим збільшенням.



Рисунок 4.5 – Зображення телевізійної камери типу Mintron 12v6hc-ex mono camera

Наведемо інформацію про основні технічні характеристики телевізійної камери даного типу у вигляді таблиці.

Таблиця 4.3 - Технічні характеристики телевізійної камери типу Mintron 12v6hc-ex mono camera

Пристрій зображення:	1/2 " вбудована передача SONY CCD
Елемент зображення:	795 x 596
Роздільна здатність:(телевізійних ліній)	600
Температура роботи: (°C)	-20 ... 50 (при 85 % вологості)
Блок живлення: (В)	DC 12
Споживання енергії: (мА)	180
Розміри: (мм)	115 x 51 x 51

Хочемо зазначити, що даний тип камер є доступний, хоча вже не випускається. Проте така модель камери є доступною для нас. Тому оберемо дану модель для побудови інформаційно-вимірювальної системи.

### 4.1.3 Вибір та обґрунтування світлових фільтрів

Для експериментального визначення світло-сигнальної характеристики нам необхідно подавати світло (випромінювання) та визначати, яким буде відповідний цьому рівню освітлення сигнал. Після чого необхідно понизити рівень світла та отримуємо новий показник сигналу, що відповідає цьому (другому пониженому) рівню освітлення. Такі необхідно буде повторювати до моменту, як тільки засіб обмеження рівню сигналу не зможе більше знизити рівень освітлення. Таким засобом регулювання та пониження рівня освітленості є ірисова діафрагма або світловий фільтр. Тому проведемо пошук світлових фільтрів.

#### 4.1.3.1 Світловий фільтр типу High Performance OD 4.0 Longpass Filters

Високоєфективні Longpass фільтри мають високу передачу в смузі пропускання в поєднанні з блокуванням в смузі відхилення. З оптичною щільністю смуги відхилення 4,0 у поєднанні з понад 91 % в смузі пропускання ці фільтри ідеально підходять для широкого спектру застосувань. Наприклад, для усунення блукаючого світла або пониження рівня сигналу.



Рисунок 4.6 – Зображення світлового фільтру типу High Performance OD 4.0 Longpass Filters

Представимо основні світло-технічні характеристики світлового фільтру типу High Performance OD 4.0 Longpass Filters у таблиці 4.4.

таблиця 4.4 характеристики світлового фільтру типу High Performance OD 4.0 Longpass Filters

Допуск товщини (мм):	$\pm 0,1$
Оптична щільність OF (середня):	$\geq 4,0$
Міцність:	MIL-C-48497A
Допуск на допуск (%):	$\pm 1$
Кут падіння (°):	0
Покриття:	Тверде покриття
Якість поверхні:	60 – 40
Переданий хвильовий фронт, середньоквадратичне значення:	$\leq \lambda/4$ @ 633nm

Розглянемо залежність передачі сигналу від довжини хвилі, що надає виробник у якості додаткової інформації до цього оптичного фільтру.

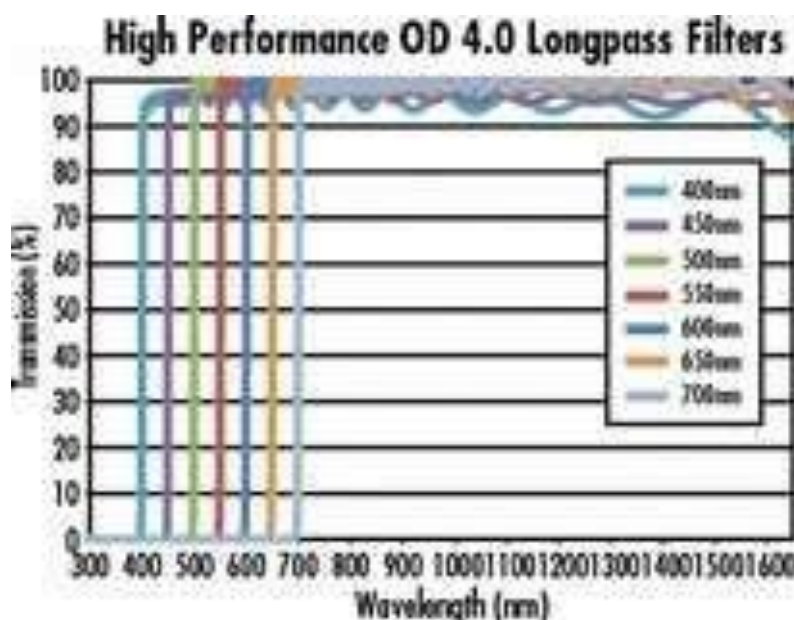


Рисунок 4.7 – Зображення залежності передачі сигналу від довжини хвилі

#### 4.1.3.2 Світлові фільтри у наборі типу OD 4.0 High Performance Shortpass and Longpass Filter Kits

Комплект оптичних фільтрів зручний при проведенні досліджень та розробок. Їх використання в лабораторіях є зручним, адже, у комплект входять світлові фільтри різних конфігурацій. Кожен комплект містить короткохвильові фільтри OD 4,0 та довгохвильові фільтри 4.0 OD 4.0. Набори світлових фільтрів доступні з кроком 50 нм, та з кроком 25 нм. Ми не зможемо наводити приклади світло-технічних характеристик кожного фільтру, що входить до комплекту. Адже їх у комплекті може бути 7, 13, 16, 29 та інша кількість світлових фільтрів.



Рисунок 4.8 – Зображення комплекту світлових фільтрів типу

Наведемо приклад одного світлового фільтру, що входить у комплект

Таблиця 4.5 Світло-технічні характеристики фільтру 400nm 12.5mm Diameter, OD 4.0 Shortpass Filter, що входить до комплекту

Діаметр (мм):	12,50 +0,0/-0,2
Межа довжини хвилі (нм):	400,00
Покриття:	Тверде покриття
Якість поверхні:	60-40
Допуск товщини (мм):	$\pm 0.1$
Довжина хвилі передачі (нм):	300 - 392
Коефіцієнт нахилу (%):	$< 1$
Діапазон довжини хвилі (нм):	300 – 610
Кут падіння (°):	0
Оптична щільність OF (середня):	$\geq 4,0$
Довжина хвилі відхилення (нм):	410 – 610
Товщина (мм):	1,50
Передача (%):	$\geq 91$
Чіткість діафрагми (%):	$> 80$
Переданий хвильовий фронт, середньоквадратичне значення:	$\leq \lambda/4 @ 633\text{nm}$
Граничний допуск (%):	$\pm 1$

Кожен комплект зібраний у захищених дерев'яних коробках із твердим футляром із точним вирізом. Кожна коробка побудована з матеріалів Beachwood та Birchwood та включає пінопластову підкладку, повстяні ніжки, латунні петлі та засувки.

Розглянемо залежність передачі сигналу від довжини хвилі (600 нм, 650 нм, 700 нм), що надає виробник у якості додаткової інформації до оптичного фільтру, що входить у комплект на рисунку 4.9.



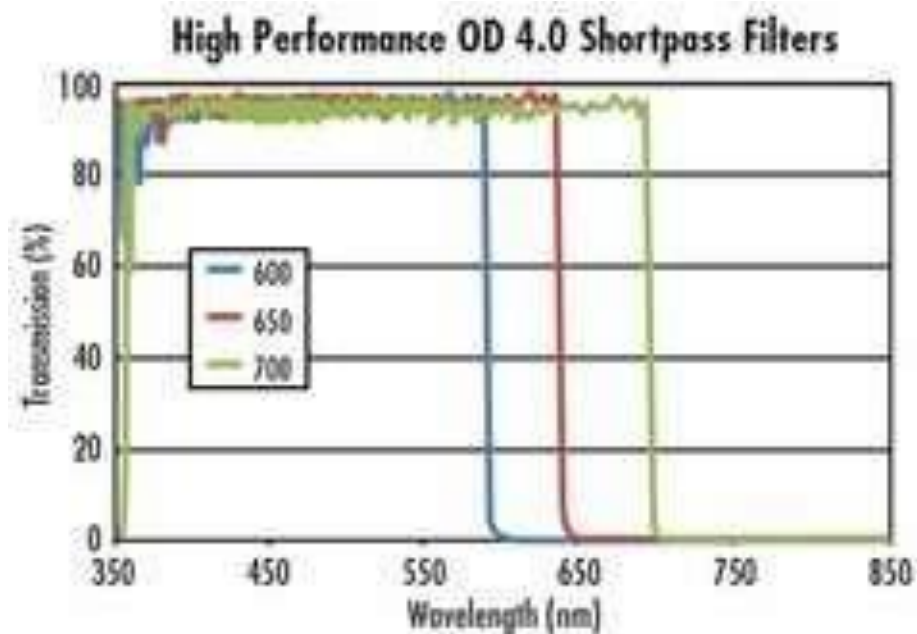


Рисунок 4.9 – Зображення залежності передачі сигналу від довжини хвилі

Розглянемо залежність передачі сигналу від довжини хвилі (750 нм, 800 нм, 850 нм, 900 нм), що надає виробник у якості додаткової інформації до цього оптичного фільтру, що входить у комплект на рисунку 4.10.

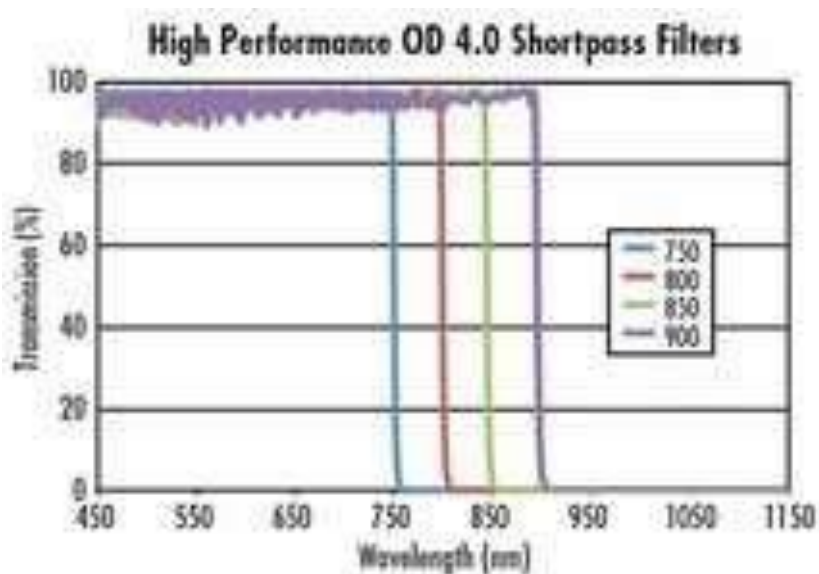


Рисунок 4.10 – Зображення залежності передачі сигналу від довжини хвилі

Розглянемо залежність передачі сигналу від довжини хвилі (450 нм, 500 нм, 550 нм), що надає виробник у якості додаткової інформації до цього оптичного фільтру, що входить у комплект на рисунку 4.11.

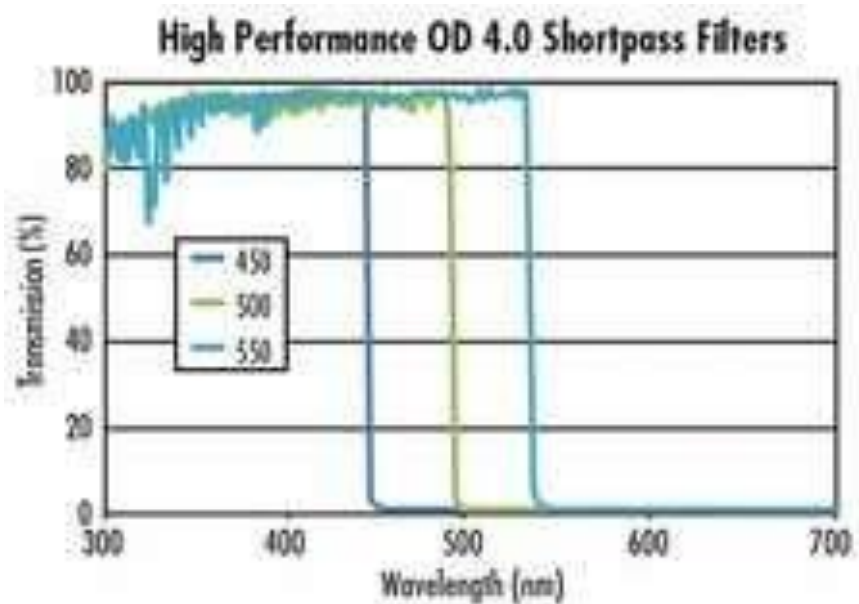


Рисунок 4.11 – Зображення залежності передачі сигналу від довжини хвилі

#### 4.1.3.3 Світловий фільтр типу ПС-11

Розглянемо у якості застосування для пониження сигналу в інформаційно-вимірjuвальній системі світлового фільтра типу ПС-11. Фільтр ПС11 виділяє область спектру 240 – 460 нм, поглинання області спектру на довжинах хвиль 460 – 660 нм.



Рисунок – Зображення спектральних кривих внутрішнього пропускання сигналу

Обираємо даний тип світлового фільтра, адже він задовольняє нас за характеристиками пропускання випромінювання або ж сигналу.



Спектральний показник поглинання з зазначенням довжин хвиль наведено у виробника на сайті <http://www.ipz.com.ua/>.

#### 4.1.4 Вибір та обґрунтування оптичного об'єктиву

Для початку розглянемо основні відмінності між об'єктивами кінцево-спряженого мікроскопа та їх аналогами, скоригованими на нескінченність. Кінцево-спряжені об'єктиви, такі як ті, що є в традиційних лабораторних або університетських мікроскопах, фокусують світло безпосередньо на датчику або окулярі. Як правило, ці об'єктиви є ахроматичними і правильними лише для хроматичних аберацій на двох довжинах хвиль: червоній і синій. З іншого боку, для коригування нескінченності об'єктивів потрібен додатковий оптичний компонент, трубчаста лінза, щоб сфокусувати світло на датчик або окуляр, але також забезпечити доступ до паралельної оптичної площини. Отримавши доступ до оптичної площини, в установку може бути включена оптика для ослаблення або фільтрації світла, розсіювачі променю для прямого освітлення або додаткові оптичні компоненти. Як правило, ця оптика апохроматична і правильна для сферичної та хроматичної аберації на трьох довжинах хвиль (синя, жовта та червона), а також має набагато більшу числову апертуру для поліпшення рівня освітленості та контрасту.

##### 4.1.4.1 Оптичний об'єктивів типу 1/1.8" UC Series Fixed Focal Length Lenses

Як відомо, Edmund Optics є лідером у проектуванні та розробці оптичних та освітлювальних вузлів, що використовуються для візуалізаційних програм. Edmund Optics надає повну інформацію про будь-який освітлювальний вузол або об'єктив. Така інформація є дуже змістовною та важливою.

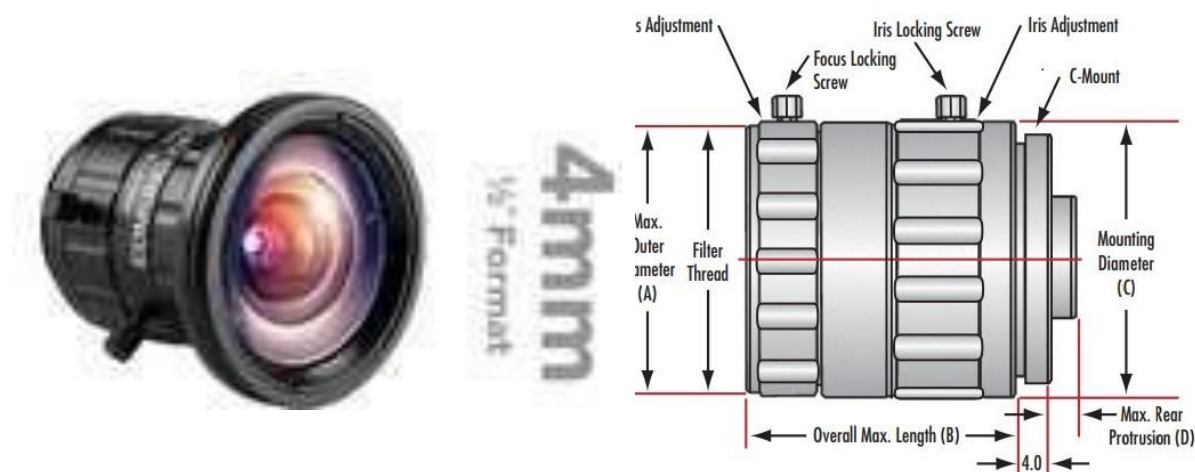


Рисунок 4.2 – Зображення телевізійної камери типу 1/1,8" UC Series Fixed Focal Length Lenses з зазначенням геометричних розмірів

Як відомо, Edmund Optics є лідером у проектуванні та розробці оптичних та освітлювальних вузлів, що використовуються для візуалізаційних програм. Edmund Optics надає повну інформацію про будь-який освітлювальний вузол або об'єктив. Така інформація є дуже змістовною та важливою. Розширені дані про характеристики об'єктиву будь-якого типу доступні дослідникам та інженерам. Додаткову інформацію про властивості об'єктиву, можемо отримати на характеристиках наведених нижче на рисунку.

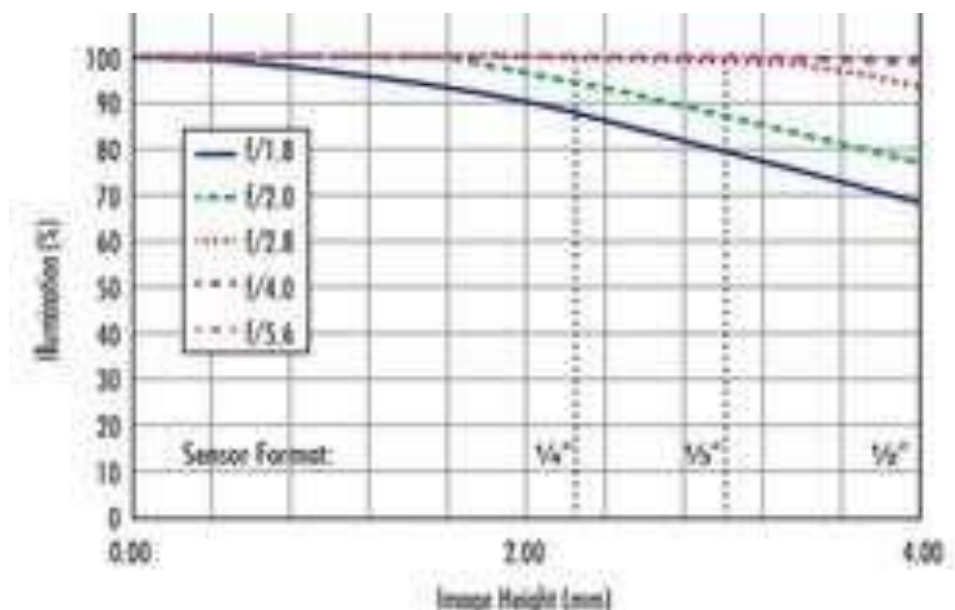


Рисунок – 4.3 Графік залежності освітлення об'єкту від фокусної відстані об'єктиву 1/1.8" UC Series Fixed Focal Length Lenses

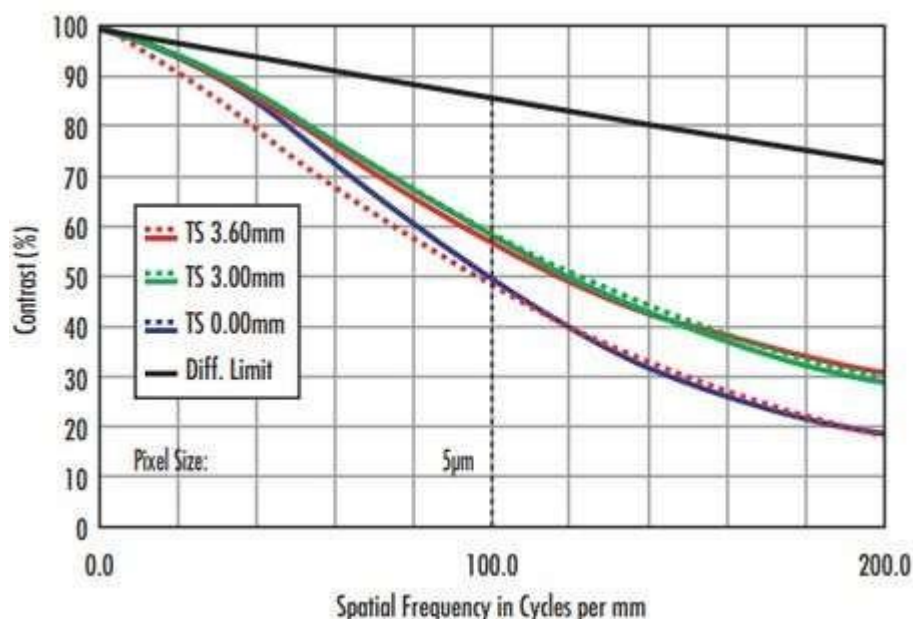


Рисунок – 4.3 Графік залежності контрасту зображення від просторової частоти в циклах об'єктиву 1/1.8" UC Series Fixed Focal Length Lenses

#### 4.1.4.2. Оптичний об'єктив типу Olympus UPLSAPO 20X Objective

Як відомо супер апохроматичні об'єктиви Olympus відрізняються високою чутливістю до випромінювання флуоресценції, забезпечуючи зображення, які не тільки чіткі, але й не містять зсуву кольорів. Для видимого та NIR-спектру ці цілі корегують на сферичні та хроматичні аберації.



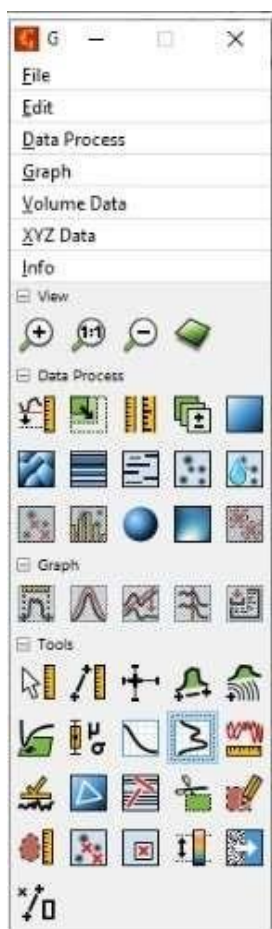
Рисунок 4.4 – Зображення об'єктиву Olympus UPLSAPO 20X Objective з зазначенням геометричних розмірів

Супер апохроматичні об'єктиви Olympus відрізняються високою цифровою діафрагмою, високою продуктивністю та якістю. Ці об'єктиви

можна використовувати для побудови інформаційно-вимірювальних систем для дослідження трикотажу з ниткою, що має флуоресцентні компоненти. Такий трикотаж зустрічається для пошиття світловідбивного одягу для працівників дорожніх служб, медичних, рятувальників.

#### 4.1.5 Вибір та обґрунтування програмного забезпечення

Вибір програмного забезпечення для обробки зображень ми провели наступним чином. По-перше, ми розпочали пошук вільного у доступі програмного забезпечення. На сьогоднішньому ринку ми знайшли наступні програмні продукти Axio Vision, Gwyddion, існує ще багато інших програм. Розпочали огляд з програми Gwyddion, що виявилась простою у обробці зображень та має широкий спектр функцій по їх обробці.



Gwyddion це професійна програма для аналізу зображень об'єктів, в нашому випадку для аналізу зображень трикотажу.

Перша функція, що нам знадобиться для аналізу результатів вимірювання висот сканованої геометрії поверхні дослідження (трикотажу) попиксельного зображення (цифрового зображення). Функціонал програми дозволяє визначати маркером площу дослідження трикотажу та отримувати числові показники результатів вимірювання.

Gwyddion це програмний продукт, що можна знайти у вільному доступі, ліцензія від виробника GNU General Public License.

Рисунок 4.5 – Зображення робочого вікна програми Gwyddion

Ми наводимо приклад нашої першої спроби аналізу трикотажу, як видно з попередній результатів, то ми можемо проводити дослідження в цьому програмному продукті. Тому, вважаємо, що вибір виконано.



Рисунок 4.6 – Зображення зразку трикотажу

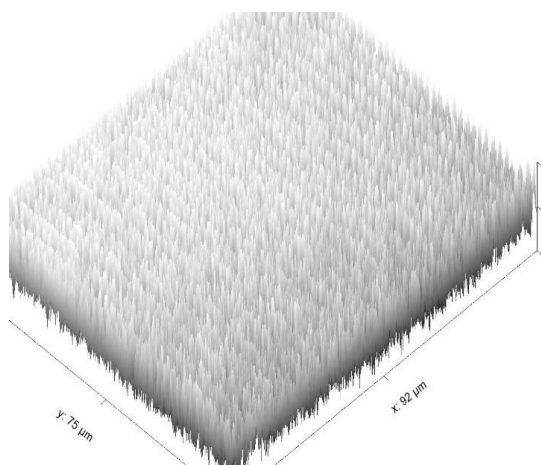


Рисунок 4.7 – Об'ємне зображення зразку трикотажу

Gwyddion також допоможе нам зробити аналіз у числах геометричних розмірів геометрії петель трикотажу.

#### 4.3 Висновки до розділу 4

У четвертому розділі проведено огляд та обґрунтування типів оптичних мікроскопів. Нажаль, ми не придбали цифровий мікроскоп, тому власними силами вдосконалювали його до рівня цифрового. Це можна зробити лише додавши до оптичного мікроскопу телевізійної камери, що розширює наші можливості по формі отримання зображення об'єкту (трикотажу) та можливостям обробки результатів вимірювання. Для проектування інформаційно-вимірювальної системи, ми оберемо оптичний мікроскоп МБР-1, він повністю задовольняє вимогам експерименту та нашим вимогам щодо основи, на якій будемо проектувати вимірювальну систему.

Для експериментального визначення світло-сигнальної характеристики нам необхідно додавати світловий фільтр, тому у пункті 4.1.3 ми наводимо огляд світлових фільтрів. Ми обираємо для роботи світловий фільтр типу ПС-11.

Наступним вузлом для проектування інформаційно-вимірювальної системи є вибір об'єктиву, Такий огляд ми провели у пункті 4.1.4 четвертого розділу з наведенням технічних характеристик об'єктивів. Останнім кроком, що ми виконали у четвертому розділу є пошук програмного забезпечення для отримання результатів дослідження зразків трикотажу. Для оцінки розмірів структури трикотажу за випромінюванням, що ми можемо оцінити за зображенням, ми обрали програму Gwyddion.

## РОЗДІЛ 5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗРАЗКІВ ТРИКОТАЖУ НА ЇХ ПОВІТРОПРОНИКНІСТЬ

П'ятий розділ дисертації ми присвітили експериментальним дослідженням. Як ми пам'ятаємо за технічним завданням до дисертації, ми повинні провести ряд експериментальних досліджень. Отже нам необхідно провести експериментальні дослідження світлосигнальної характеристики інформаційно-вимірювальної системи; провести експериментальні дослідження зразків трикотажу з різними джерелами освітлення (галогенна лампа та світлодіодна), визначити вплив освітлення на точність визначення повітропроникності; провести експериментальні дослідження зразків трикотажу одного типу білого та чорного (або темно-синього) кольорів. Визначити вплив кольору трикотажу на точність визначення повітропроникності.

### 5.1 Дослідження світло-сигнальної характеристики інформаційно-вимірювальної системи.

Розпочнемо з експериментального дослідження світло-сигнальної характеристики збудованої інформаційно-вимірювальної системи. Такий перший крок після збирання вимірювальної системи є логічним, адже нам не відомо система працює вірно чи ні. Тому нам необхідно визначити робочий діапазон сигналів (лінійна ділянка характеристики), якого ми маємо дотримуватись для забезпечення точності вимірювання.

Для побудови світло-сигнальної характеристики нам необхідно подавати світло (випромінювання) та визначати, яким буде відповідний цьому рівню освітлення сигнал. Після чого понижуємо рівень світла й отримуємо новий показник сигналу, що відповідає цьому (другому пониженому) рівню освітлення. Продовжуємо повторювати такі дії до того час, як тільки засіб обмеження рівню сигналу не зможе більше знизити рівень освітлення. Таким засобом регулювання та пониження рівня



освітленості є ірисова діафрагма або світловий фільтр. Функціонал пониження рівня освітлення наступний: маємо початковий рівень сигналу  $A$ , у вимірювальну систему (інформаційно-вимірювальну) вводимо світловий фільтр (понижуючий рівень сигналу на 10 %), після чого рівень сигналу знижується до рівня  $A_1$ . Виводимо з вимірювальної системи світловий фільтр, після чого за допомогою ірисової діафрагми виставляємо рівень сигналу рівний показнику  $A_1$ . Знову вводимо світловий фільтр, отримуємо рівень сигналу  $A_3$ . Вилучаємо з вимірювальної схеми світловий фільтр, виставляємо рівень сигналу до рівня  $A_3$  при допомозі ірисової діафрагми. Такі дії повторюємо до максимального закриття ірисової діафрагми. Ми провели такі дії на нашій інформаційно-вимірювальній системі та отримали наступні результати, за якими побудували світло-сигнальну характеристику.

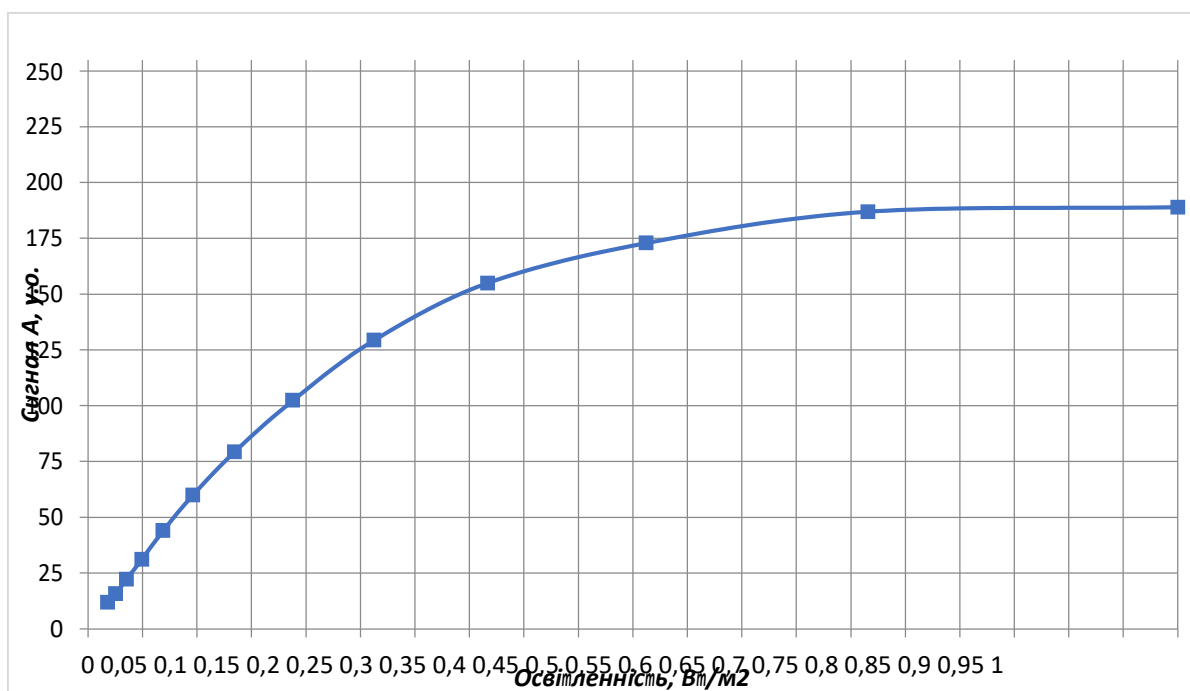


Рисунок 5.1 – Зображення світло-сигнальної характеристики нової вимірювальної системи

Визначаємо лінійну ділянку світло-сигнальної характеристики інформаційно-вимірювальної системи. Він дорівнює 20 – 125 у.о.

5.2 Експериментальні дослідження впливу різного типу освітлення на точність вимірювання повітропроникності

Наступним кроком при проведенні експериментальних досліджень



буде дослідження впливу різного типу освітлення на точність вимірювання повітропроникності. Дослідження будемо проводити на спроектованому макеті інформаційно-виміральної системи повітропроникності трикотажу, з урахування робочого діапазону сигналів. Для виставлення необхідного діапазону сигналів використовуємо світлові фільтри, огляд яких ми робили в четвертому розділі у підрозділі 4.1.3.

### 5.2.1 Галогенне джерело освітлення (базове)

Для початку проведемо вимірювання повітропроникності трикотажу з базовим освітленням – галогенною лампою. Обираємо зразки трикотажу. Отримаємо зображення зразків трикотажу № 1, № 2, № 3, № 4, № 5 при галогенному освітленні. Для забезпечення метрологічної складової вимірювань повітропроникності трикотажу, ми побудуємо на базі еталону геометричного лінійного розміру – штриховій мірі ГОСТ 15114-78. Ми базуємо наше вимірювання на визначення геометричних параметрів пустот (середина петлі) та геометричних розмірів ниток трикотажу. Аналітичне дослідження пустот будемо проводити автоматично, з застосуванням спеціальної програми. Проаналізуємо отримані зображення зразків трикотажу.



Рисунок 5.2 – Зображення зразку трикотажу № 1

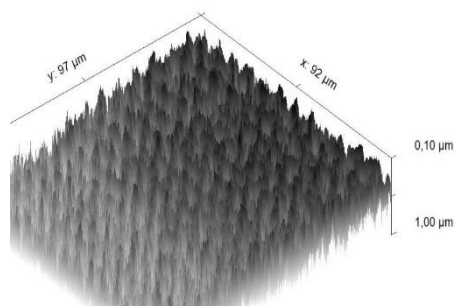


Рисунок 5.3 – Об'ємне зображення зразку трикотажу № 1



Рисунок 5.4 – Зображення зразку трикотажу № 2

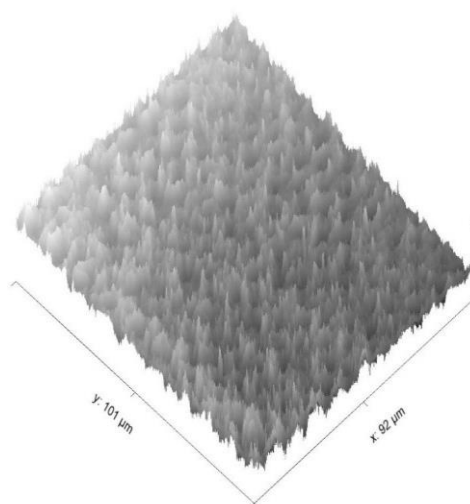


Рисунок 5.5 – Об'ємне зображення зразку трикотажу № 2



Рисунок 5.6 – Зображення зразку трикотажу № 1 та № 2 одночасно

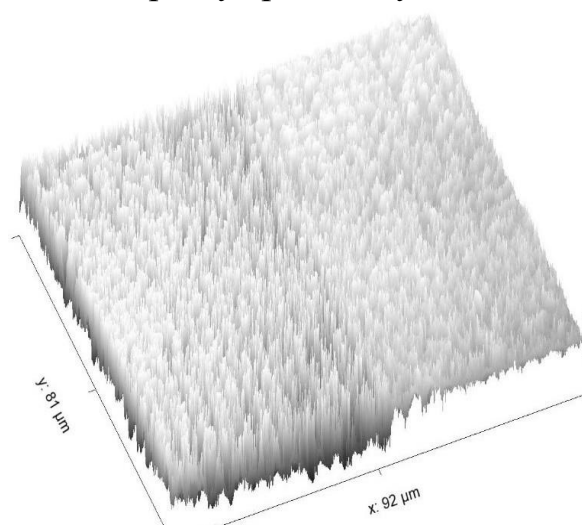


Рисунок 5.7 – Об'ємне зображення зразку трикотажу № 1 та № 2 одночасно



Рисунок 5.8 – Зображення зразку трикотажу № 3

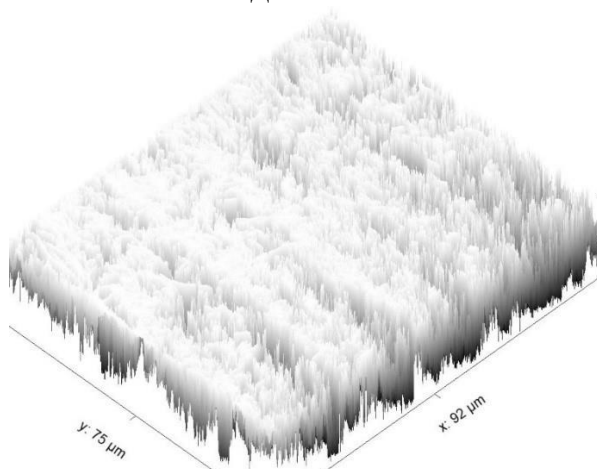


Рисунок 5.9 – Об'ємне зображення зразку трикотажу № 3





Рисунок 5.10 – Зображення зразку трикотажу № 4

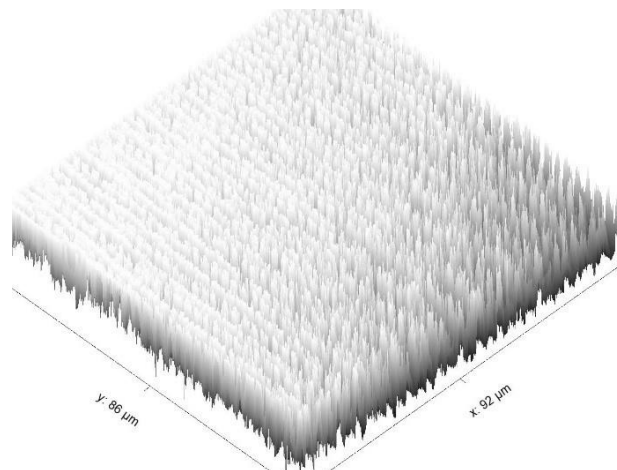


Рисунок 5.11 – Об'ємне зображення зразку трикотажу № 4



Рисунок 5.12 – Зображення зразку трикотажу № 5

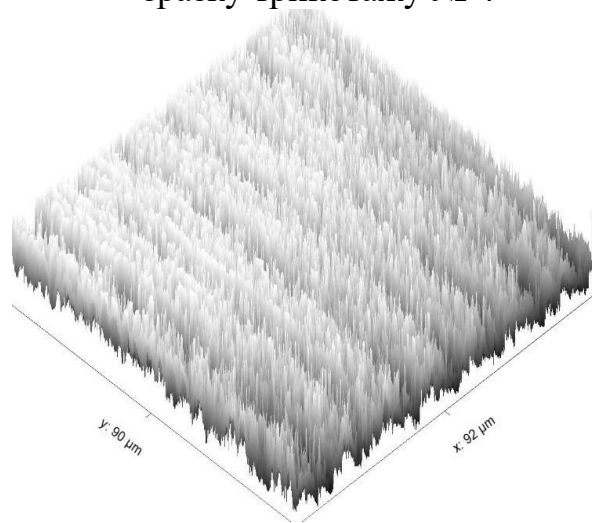


Рисунок 5.13 – Об'ємне зображення зразку трикотажу № 5

### 5.2.2 Світлодіодне джерело освітлення (нове)

Третім кроком при проведенні експериментальних досліджень буде дослідження впливу світлодіодного освітлення замість галогенного на точність вимірювання повітропроникності. Дослідження проведемо тих само зразках трикотажу, щоб побачити різницю у точності вимірювання, якщо вона буде.

Обираємо зразки трикотажу. Отримаємо зображення зразків трикотажу № 1, № 2, № 3, № 4, № 5 при світлодіодному освітленні (застосовуємо світлодіодну лампу). Її характеристики наступні: потужність

6,5 Вт; напруга живлення 220-240 В; температура світіння 3000К. Наведемо зображення світлодіодної лампи на рисунку 5.2.



Рисунок 5.2 – Зображення світлодіодної лампи, що використовуємо при експериментальних дослідженнях

Покажемо схематично, як зміниться інформаційно-вимірювальна система

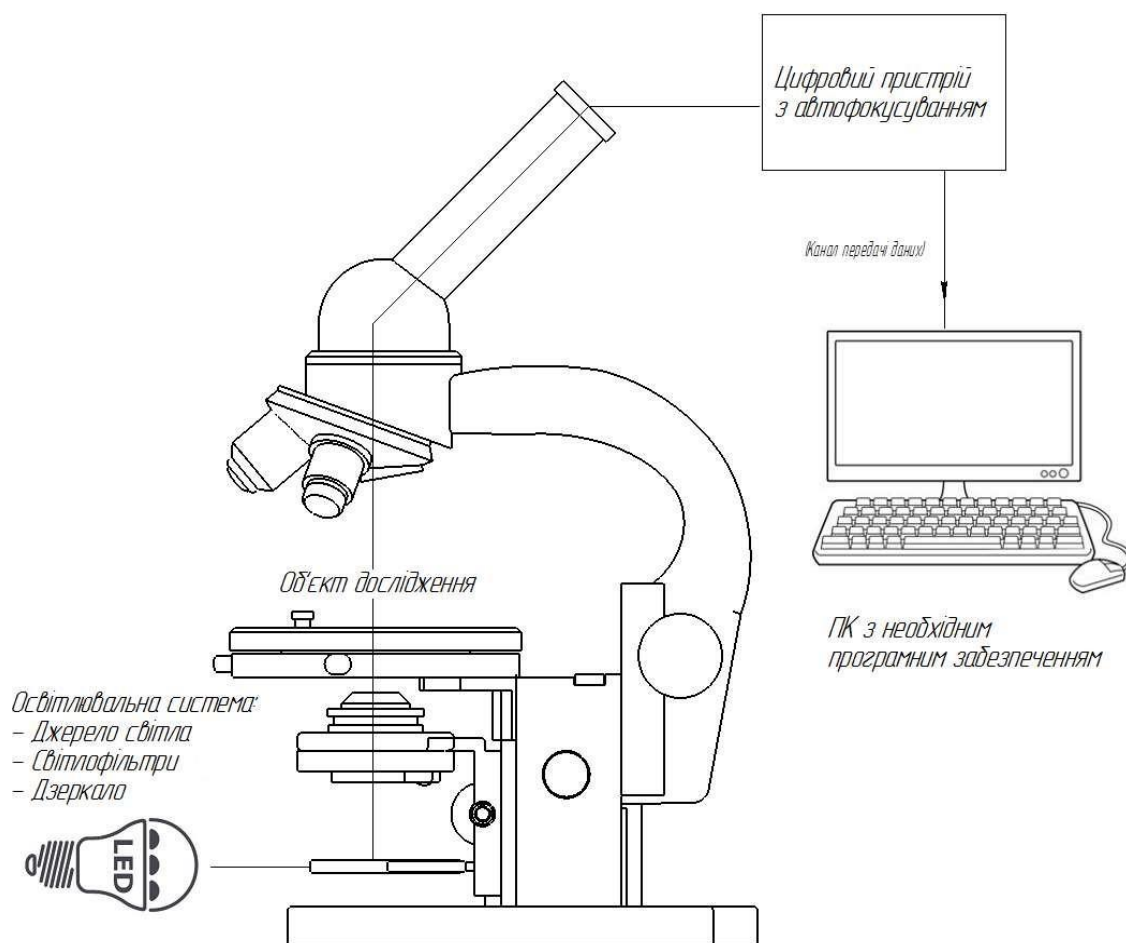


Рисунок 5.3 – Зображення інформаційно-вимірювальної системи з застосуванням світлодіодного освітлення



Проаналізуємо отримані зображення зразків трикотажу № 1, № 2, № 3, № 4, № 5 з застосуванням світлодіодного освітлення. Щодо забезпечення метрологічної складової, ми проведемо аналогічні вимірювання з еталоном лінійного розміру. Оцінимо результати вимірювання.



Рисунок 5.14 – Зображення зразку трикотажу № 1

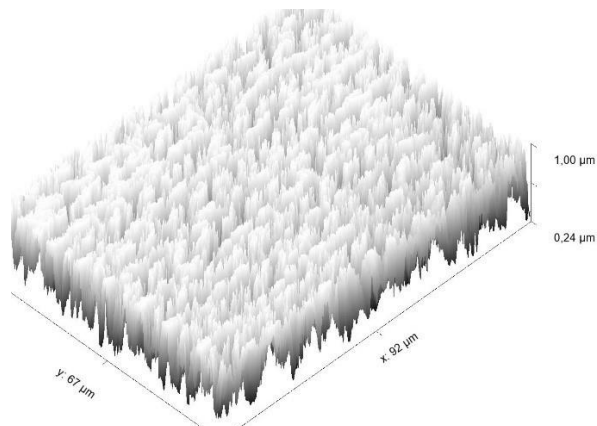


Рисунок 5.14 – Об'ємне зображення зразку трикотажу № 2



Рисунок 5.15 – Зображення зразку трикотажу № 2

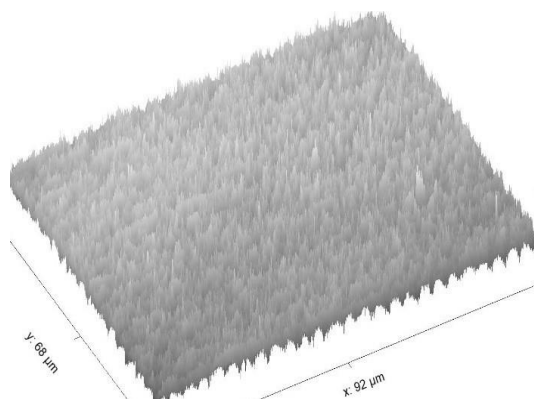


Рисунок 5.16 – Об'ємне зображення зразку трикотажу № 2



Рисунок 5.17 – Зображення зразку трикотажу № 1 та № 2 одночасно

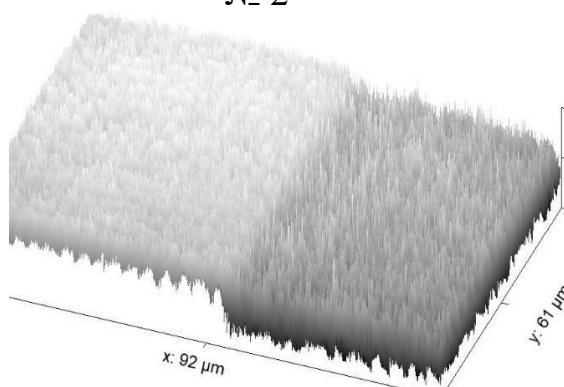


Рисунок 5.18 – Об'ємне зображення зразку трикотажу № 1 та № 2 одночасно





Рисунок 5.19 – Зображення зразку трикотажу № 3

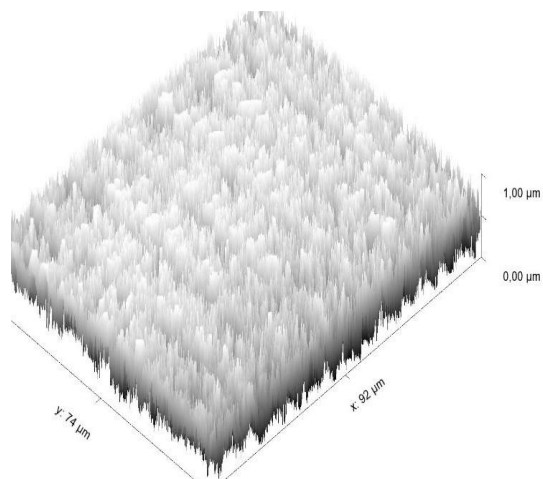


Рисунок 5.20 – Об'ємне зображення зразку трикотажу № 3



Рисунок 5.21 – Зображення зразку трикотажу № 4

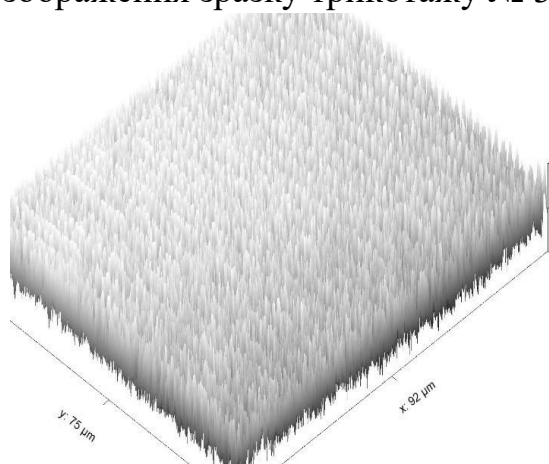


Рисунок 5.22 – Об'ємне зображення зразку трикотажу № 4



Рисунок 5.23 – Зображення зразку трикотажу № 5

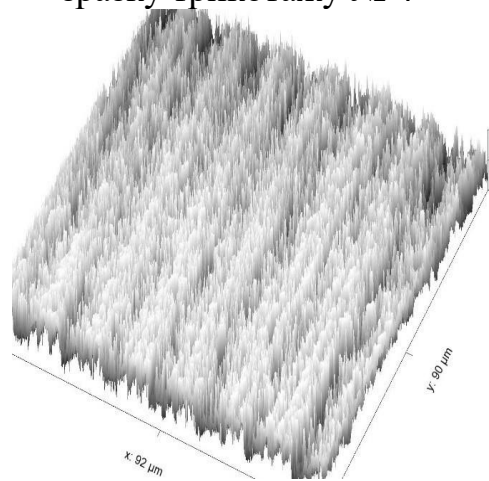


Рисунок 5.24 – Об'ємне зображення зразку трикотажу № 5

### 5.3 Результати експериментального дослідження повітропроникності

Результати експериментального дослідження повітропроникності отримували у наступний спосіб. Нам необхідно було визначити розміри геометричних параметрів петлі, площу «прозорості» (де пропускається світло, повітря), площу «непрозорості» (де є тіло трикотажу). Ми ввели такі назви, щоб було зрозуміло.

Геометричні розміри петлі та площу прозорості та площу непрозорості ми визначали для еталону геометричного розміру за допомогою інформаційно-вимірювальної системи, наводимо результат цього дослідження на рисунку

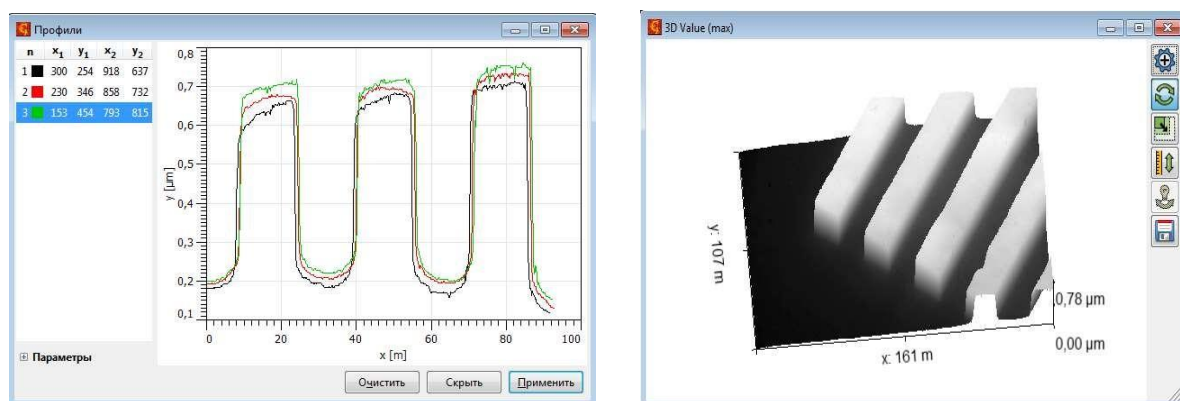


Рисунок 5.25 – Зображення еталону геометричного розміру у програмі Gwyddion

Ми досліджували точність вимірювання геометричних розмірів нашої вимірювальної системи. Провели дослідження з мірою № 4, поле № 25, її еталонні розміри ширини штриха 20 мкм (ГОСТ 15114-78). Порівняємо з результатами, що ми отримали при дослідженні того ж штриху Міри № 4, поле № 25. Геометричний розмір штриху вимірювальної системи дорівнює  $20 \pm 0,13$  мкм.

Аналогічно провели розрахунки з усіма зразками трикотаж, що визначали на інформаційно-вимірювальній системі з галогенним освітленням, та встановили, що повітропроникність зразку трикотажу № 1 дорівнює 3,27 % від загальної площі всього трикотажу у 100 %; для зразку трикотажу № 2 дорівнює 3,26 %, для зразку трикотажу № 3 дорівнює 5,14%,

для зразку трикотажу № 4 дорівнює 3,71 %, для зразку трикотажу № 5 дорівнює 3,19%. Повітропроникність ми визначали у відносних одиницях.

Також ми провели розрахунки з усіма зразками трикотаж, що визначали на інформаційно-вимірювальній системі з світлодіодним освітленням, та встановили, що повітропроникність зразку трикотажу № 1 дорівнює 3,39 % від загальної площі всього трикотажу у 100 %; для зразку трикотажу № 2 дорівнює 3,38 %, для зразку трикотажу № 3 дорівнює 5,21%, для зразку трикотажу № 4 дорівнює 3,78%, для зразку трикотажу № 5 дорівнює 3,24%. Повітропроникність ми визначали у відносних одиницях.

Отже, ми бачимо покращення точності вимірювання для зразку трикотажу № 1 покращилось на 3,5 % при застосуванні світлодіодного освітлення у порівнянні з галогенним освітленням;

ми бачимо покращення точності вимірювання для зразку трикотажу № 2 покращилось на 3,68 % при застосуванні світлодіодного освітлення у порівнянні з галогенним освітленням;

ми бачимо покращення точності вимірювання для зразку трикотажу № 3 покращилось на 1,34 % при застосуванні світлодіодного освітлення у порівнянні з галогенним освітленням;

ми бачимо покращення точності вимірювання для зразку трикотажу № 4 покращилось на 1,88 % при застосуванні світлодіодного освітлення у порівнянні з галогенним освітленням.

-ми бачимо покращення точності вимірювання для зразку трикотажу № 5 покращилось на 1,56 % при застосуванні світлодіодного освітлення у порівнянні з галогенним освітленням.

#### 5.4 Висновки до розділу 5

П'ятий розділ дисертації ми присвітили експериментальним дослідження. Як ми пам'ятаємо за технічним завданням до дисертації, ми повинні провести ряд експериментальних досліджень. Отже, нам необхідно провести експериментальні дослідження світлосигнальної характеристики



інформаційно-вимірювальної системи; провести експериментальні дослідження зразків трикотажу з різними джерелами освітлення (галогенна лампа та світлодіодна), визначити вплив освітлення на точність визначення повітропроникності; провести експериментальні дослідження зразків трикотажу одного типу білого та чорного (або темно-синього) кольорів. Визначити вплив кольору трикотажу на точність визначення повітропроникності.

Розпочнемо з експериментального дослідження світло-сигнальної характеристики збудованої інформаційно-вимірювальної системи. Такий перший крок після збирання вимірювальної системи є логічним, адже нам не відомо система працює вірно чи ні. Тому нам необхідно визначити робочий діапазон сигналів (лінійна ділянка характеристики), якого ми маємо дотримуватись для забезпечення точності вимірювання. Світло-сигнальна характеристика інформаційно-вимірювальної системи дорівнює 20 – 125 у.о.

Наступним кроком при проведенні експериментальних досліджень було дослідження впливу різного типу освітлення на точність вимірювання повітропроникності. Дослідження проводити на спроектованому макеті інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу, з урахування робочого діапазону сигналів. Для виставлення необхідного діапазону сигналів використовували світлові фільтри, огляд яких ми робили в четвертому розділі у підрозділі 4.1.3.

Наступним кроком при проведенні експериментальних досліджень в магістерській роботі було проведено вимірювання повітропроникності трикотажу з базовим освітленням – галогенною лампою. Було обрано зразки трикотажу №1, № 2, № 3, № 4, № 5 з галогенним освітленням. Для забезпечення метрологічної складової вимірювань повітропроникності трикотажу, ми використовували еталон геометричного лінійного розміру – штрихову міру ГОСТ 15114-78. Ми базували наше вимірювання на визначення геометричних параметрів пустот (середина петлі) та

геометричних розмірів ниток трикотажу. Аналітичне дослідження пустот проводили автоматично, з застосуванням спеціальної програми. Проаналізували отримані зображення зразків трикотажу.

Третім кроком при проведенні експериментальних досліджень було дослідження впливу світлодіодного освітлення замість галогенного на точність вимірювання повітропроникності. Дослідження проводили на тих само зразках трикотажу № 1, № 2, № 3, № 4, № 5, щоб побачити різницю у точності вимірювання, якщо вона буде. Було замінено галогенну лампу на світлодіодну з наступними характеристиками потужність 6,5 Вт; напруга живлення 220-240 В; температура світіння 3000К.

Отримано результати експериментального дослідження повітропроникності зразку трикотажу № 1 дорівнює 3,27 % від загальної площі всього трикотажу у 100 %; для зразку трикотажу № 2 дорівнює 3,26 %, для зразку трикотажу № 3 дорівнює 5,14%, для зразку трикотажу № 4 дорівнює 3,71 %, для зразку трикотажу № 5 дорівнює 3,19%. Повітропроникність визначали у відносних одиницях.

При застосуванні світлодіодного освітлення встановили, що повітропроникність зразку трикотажу № 1 дорівнює 3,39 % від загальної площі всього трикотажу у 100 %; для зразку трикотажу № 2 дорівнює 3,38 %, для зразку трикотажу № 3 дорівнює 5,21%, для зразку трикотажу № 4 дорівнює 3,78 %, для зразку трикотажу № 5 дорівнює 3,24 %. Повітропроникність визначали у відносних одиницях.

Визначили, що точність визначення повітропроникності при застосуванні світлодіодного освітлення, зросла для зразку трикотажу № 1 на 3,5 %; для зразку трикотажу № 2 на 3,68 %; для зразку трикотажу № 3 на 1,34 %; для зразку трикотажу № 4 на 1,88 %.

## РОЗДІЛ 6 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ТРИКОТАЖУ»

Стартап як форма малого ризикового (венчурного) підприємництва впродовж останнього десятиліття набула широкого розповсюдження у світі через зниження бар'єрів входу в ринок (із появою Інтернету як інструменту комунікацій та збуту стало простіше знаходити споживачів та інвесторів, займатись пошуком ресурсів, перетинати кордони між ринками різних країн), і вважається однією із наріжних складових інноваційної економіки, оскільки за рахунок мобільності, гнучкості та великої кількості стартап-проектів загальна маса інноваційних ідей зростає.

### 6.1. Опис ідеї стартап-проекту

Існує ряд факторів, на яких базується якісна придатність швейної промисловості, а саме, трикотажу. До переліку цих факторів віднесемо продуктивність, надійність, довговічність, візуальне сприйняття якості одягу. У швейній промисловості контроль якості трикотажу проводять від початкового етапу постачання сировини до етапу остаточного готового одягу. Для текстильної та швейної промисловості якість продукції розраховується з точки зору якості та стандарту волокон, пряжі, конструкції тканини, стійкості кольору, дизайну поверхні та готової швейної продукції.

Отже хочемо зазначити, що якість трикотажу це інтегральна оцінка всіх параметрів та властивостей, що мають власні показники, та може отримати схвалення технолога для запуску полотна у масове виробництво тільки після дотримання та відповідності нормативам, що прописані у ГОСТах щодо виробництва, контролю якості трикотажу. Кожна людина має пряме відношення до трикотажу, кожен носить одяг виготовлений з трикотажу, тому вважаємо, що розробка, якій ми хочемо присвятити магістерську дисертацію, є надзвичайно актуальною для кожного. Проте, існує професійна група фахівців текстильного виробництва, ткацтва та

пошиття одягу, що потребують простих, зручних засобів, що дозволять швидко та просто визначати параметри, що відповідають за якість трикотажу. Нам відомий цілий перелік параметрів, що відповідають за якість трикотажу. У нашій магістерській дисертації стоїть завдання розробити інформаційно-вимірвальну систему повітропроникності трикотажу. При реалізації такої розробки, ми створимо сучасний засіб вимірювання.

Ідеєю для стартап-проекту є описаний в магістерській дисертації Інформаційно-вимірвальна система лінійних розмірів на приладах із зарядовим зв'язком. Актуальність полягає в тому, що ІВС є надзвичайно перспективним засобом дослідження у реальному часі процесів пошкодження та руйнування оптичних деталей під час випробувань на міцність від різного роду фізичних впливів. При цьому параметрами контролю можуть бути геометричні розміри та переміщення локальних областей деталей, які мають малі (субміліметрові та мікронні) розміри. Існують наукові роботи де описано результати дослідження оптичних об'єктів, однак про застосування ІВС для контролю та вимірювання геометричних розмірів раніше не застосовувались та не описувались

Таблиця 6.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
ІВС виявлення повітропроникності трикотажу	Виявлення дефектів трикотажу	Стабільна робота, досить швидке виявлення дефектів, обробка результатів займає мало часу.
	Зменшення кількості дефектів трикотажу в подальшому виробництві	Пристрій є досить малогабаритним, а тому легко може пересуватися безпосередньо на місце експлуатації та в місцях виробництва оптичних деталей

Серед конкурентів для даної ІВС, в Україні існує лише один схожий стенд але в ньому використовується камера з іншою матрицею (CCD): в НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Таблиця 6.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко- економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів		W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Розробка «КПІ ім Ігоря Сікорського»			
1.	Портативність	+	+		+	
2.	Низька вартість	+	-			+
3.	Якість	+	-			+
4.	Простота в роботі	+	+		+	

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

## 6.2. Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу буде проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту (технології створення товару).

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (табл. 6.3):

- за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?
- чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/додати?
- чи доступні такі технології авторам проекту?

Таблиця 6.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	IBC на базі камери з матрицею CMOS	До мікроскопу кріпиться камера на базі матриці CMOS яка з'єднана з комплексом захвату та обробки зображення	Наявні	Доступні
2	IBC на базі камери з матрицею CCD	До мікроскопу кріпиться камера на базі матриці CCD яка з'єднана з комплексом захвату та обробки зображення	Наявні	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: IBC на базі камери з матрицею CMOS, так як вона є найбільш якісною і дешевою та не поступається своїми характеристиками іншим.				

За результатами аналізу таблиці можна зробити висновок щодо можливості технологічної реалізації проекту IBC на Галогенній лампі, а також технологічний шлях, яким це доцільно зробити.

### 6.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміку розвитку ринку (табл. 6.4).

Таблиця 6.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	2
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	5000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Немає
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Забезпечення калібрування камери завдяки еталонним комплектом штрихових мір ГОСТ 11415-78
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	20

Рентабельність — поняття, що характеризує економічну ефективність виробництва, за якої за рахунок грошової виручки від реалізації продукції (робіт, послуг) повністю відшкодовує витрати на її виробництво й одержується прибуток як головне джерело розширеного відтворення.

Суть одного із найважливіших методів оцінки економічної ефективності інвестицій полягає у розрахунку їх середньої рентабельності за формулою :

$$R = \frac{P}{S+n} \cdot 100\%, \quad (6.1)$$

де Р – прибуток за час експлуатації проекту; l – повна сума інвестиційних витрат; n – час експлуатації проекту.

Інвестувати грошові засоби доцільно тоді, коли від цього можна отримати більший прибуток, ніж від їх зберігання у банку. Порівнюючи середньорічну рентабельність інвестицій зі ставкою банківського відсотка, можна дійти висновку, що вигідніше.

З даної таблиці можна зробити висновок, що ринок є привабливим для входу за попереднім оцінюванням.

Далі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 5.5).

Таблиця 6.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Визначення геометричних розмірів трикотажу мікрометричного діапазону	Виробництво та фірми які випускають та обслуговують оптичні прилади  Безпосередні користувачі оптичних приладів.	Виробникам необхідний прилад для виявлення безпосередньо під час виробництва, а споживачам уже безпосередньо в процесі експлуатації.	Низька ціна та портативність приладу для дослідження.  А також швидкість вимірювання.

Після визначення потенційних груп клієнтів проведемо аналіз ринкового середовища: складемо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (табл. 5.6-5.7).



Таблиця 6.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Конкуренція	Очікується вихід на ринок в ареал конкурента	Підвищилися бар'єри входу на ринок: необхідно одержувати ліцензію на виготовлення ІВС.
2	Збут	З цього року наш найбільший оптовий покупець визначає постачальників за результатами тендеру	На ринку з'явилася нова роздрібна сітка, яка в даний момент вибирає постачальників

Таблиця 6.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Ексклюзив	Виведення на ринок нового виду ІВС	Підвищення потужності виробництва трикотажу та впровадження в комплекси для виявлення геометричних розмірів трикотажу, за якими визначаємо повітропроникність трикотажного виробу
2	Збут	Нарощення потужностей виробництва трикотажу в Україні, що супроводжується необхідністю в засобах виявлення та контролю дефектів	Поява великої кількості потенційних покупців трикотажу

Далі проведемо аналіз пропозиції: визначимо загальні риси конкуренції на ринку (табл. 6.8).

Таблиця 6.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції - монополія	1) різноманітність товарів та послуг; 2) важливе значення має не тільки ціна, а й нецінові чинники (умови продажу, можливість товари в кредит, гарантія, реклама і т. д.); 3) легкий вхід та вихід фірми з галузі	Мати деяке різноманіття товарів (ІВС виявлення дефектів трикотажу), проводити рекламні кампанії
2. За рівнем конкурентної боротьби - світовий	Виробництво трикотажу є розповсюдженим у світі явищем, тому оптико-електронна системи для виявлення повітропроникності трикотажу є актуальною.	Розробка якісного і досить дешевого продукту та міжнародна реклама
3. За галузевою ознакою - міжгалузева	Використання ІВС можливе не тільки в виробництві оптичних деталей а й для фірм які обслуговують та розповсюджують оптичні вироби на ринку. Також можливе виявлення дефектів в металургії.	Розробка стендів для виявлення дефектів з'єднань
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-видова	Існують різні прилади зарубіжних розробок для виявлення дефектів та контролю, але коштують вони за 10000\$ і більше.	Підвищення якості та зменшення ціни ІВС
5. За характером конкурентних переваг - нецінова	Головним фактором є якість виявлення дефектів трикотажу, а не його ціна	Підвищення якості
6. За інтенсивністю - не марочна	Роль торгової марки незначна, хоча самі марки можуть бути присутніми на ринку	Реклама продукції

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (за моделлю 5 сил М. Портера) (табл. 6.9).

Таблиця 6.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Оптико-електронна система на основі CCD-матриці	NOVUS	Китайські заводи по виготовленню ламп	Розробник оптичних деталей та їх споживачі	Використання замість оптико-електронних систем
Висновки:	Немає високої конкуренції, адже це державні установи, які не ведуть агресивної конкуренції	- є можливості входу в ринок - є потенційні зарубіжні конкуренти	Ні, постачальники лише впливають на ціну продукту	Так, клієнтам необхідний якісний та швидкий продукт	Немає, так як оптичні елементи не мають сталих характеристик, що призводить до похибок при вимірюванні

За результатами аналізу таблиці можна зробити висновок щодо принципової можливості роботи на ринку з огляду на конкурентну ситуацію. Також висновок щодо характеристик (сильних сторін), які повинен мати проект, щоб бути конкурентоспроможним на ринку.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в (табл. 5.9), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 5.2), вимог споживачів до товару (табл. 5.5) та факторів маркетингового середовища (табл. 5.6-5.7)

визначено та обґрунтовано перелік факторів конкурентоспроможності.

Аналіз оформлено за табл. 5.10

Таблиця 6.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Швидкодія ІВС	Можливість виявлення дефектів в оптичних деталей за короткий проміжок часу, що є актуальним для виробництва оптичних деталей на конвеєрі.
2	Низька ціна	Через використання не дорогих складових ІВС вартість такого стенду є незначною порівняно з професійними виробниками контролю клейових з'єднань

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 5.10) проведемо аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 5.11).

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 5.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 5.11).

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

Таблиця 6.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Інформаційно-вимірювальна система лінійних розмірів на приладах із зарядовим зв'язком

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з ОЕС						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
	Швидкодія ОЕС	15					+		
	Низька ціна	18			+				

Таблиця 6.12 – SWOT – аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: якість і низька вартість	Слабкі сторони: портативність і дешеві складові ІВС
Можливості: швидкий вихід на ринок дешевого і якісного стенду ІВС	Загрози: особливості роботи з світлодіодними кільцями

На основі SWOT-аналізу можна визначити альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (див. табл. 4.9, аналіз потенційних конкурентів).

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (табл. 6.13).

Таблиця 6.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Підвищення портативності ІВС	Необхідна розробка легкої і переносної споруди. Так можна зробити	3 тижня
2	Підвищення якості освітлення	Використання ламп Галогенних з різними характеристиками. Так, необхідно закупити та протестувати такі лампи	1 тиждень

Обрано другу альтернативу – підвищення якості освітлення, адже доробка приладу буде тривати лише 1 неділю, що прискорить вихід стенду ОЕС на ринок.

#### 6.4. Розробка ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 6.14).

Таблиця 6.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Фірми які займаються виробництвом трикотажу	Так, якщо це буде досить швидкий та якісний стенд	Високий	Середня	Середня
2	Люди, які безпосередньо використовують трикотаж у власних потребах	Так, якщо це буде досить дешевий стенд	Середній	Середня	Середня
Які цільові групи обрано: обрано дві цільові групи, адже даний стенд ОЕС буде доступний і досить якісний.					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) обираємо цільові групи, де пропонується наш товар, та визначаємо стратегію охоплення ринку:

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформулювати базову стратегію розвитку (табл. 6.15).

Таблиця 6.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
	Підвищення якості освітлення	Весь ринок за рахунок низької	Якість та ціна	Стратегія лідерства
	та обробки зображення ІВС	вартості та якості ІВС		

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 6.16).

Таблиця 6.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	Ні	Буде шукати нових та можливо забирати у конкурентів	Ні, адже в нас є свій дизайн продукту	За рахунок великих можливостей по об'ємах збуту товарів і продуктивності підприємство зможе добитися менших витрат

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. табл. 6.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 5.14) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 6.16) розробляється стратегія позиціонування (табл. 6.17), що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.



Таблиця 6.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту
1	Якість та низька ціна	Стратегія лідерства	Якість та ціна

Результатом виконання підрозділу є узгоджена система рішень щодо ринкової поведінки стартап-компанії, яка визначає напрями роботи стартап-компанії на ринку.

#### 6.5. Розробка маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 5.18 підсумуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 6.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Якість	Чітке виявлення дефекту та структури трикотажу, якісне освітлення дефекту трикотажу	Використання нової схеми з Галогенними лампами та застосування камери на базі матриці КМОП (CMOS)
2	Низька ціна	Дешева ІВС	Використання звичайних Галогенних ламп, які є досить дешевими

Далі розробимо трирівневу маркетингову модель товару: уточняється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 6.19).

Таблиця 6.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Компактний стенд ОЕС з застосуванням камери на базі матриці CMOS		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Швидкість роботи	11 мс	
	2. Вага	2 кг	
	Якість: стандарт АМ1,5		
	Пакування : коробка		
	Марка: НАЕПС + ПСВ		
III. Товар із підкріпленням	До продажу		
	Після продажу		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання:			
Патентування товару			

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 6.20). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 6.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари- замінники	Рівень цін на товари- аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
	2 000 грн	10 000 грн	7000 грн	2000 грн – 10000 грн

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (табл. 6.21):

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 6.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Якість роботи ІВС	Доставка	Україна та сусідні країни	Реклама в інтернеті

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл.6.22).

Таблиця 6.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Необхідний якісний та дешевий продукт	Інтернет, телебачення	Якість та ціна	Наголосити на низькій вартості та високій якості виявлення дефектів трикотажу	Ми пропонуємо якість за низькою ціною

Результатом є ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

## 6.6 Висновки

На ринку України немає прямих комерційних конкурентів, лише державні установи для виявлення геометричних розмірів трикотажу, а відповідно за цими показниками, що визначимо ми розрахуємо повітропроникність трикотажу. А попит в таких системах зростає через популярність ІВС. Тому розробка стенду ІВС є перспективною та рентабельною справою, адже собівартість продукції є досить низькою через використання дешевих складових.

Існує ряд факторів, на яких базується якісна придатність швейної промисловості, а саме, трикотажу. До переліку цих факторів віднесемо продуктивність, надійність, довговічність, візуальне сприйняття якості одягу. У швейній промисловості контроль якості трикотажу проводять від початкового етапу постачання сировини до етапу остаточного готового одягу. Для текстильної та швейної промисловості якість продукції розраховується з точки зору якості та стандарту волокон, пряді, конструкції тканини, стійкості кольору, дизайну поверхні та готової швейної продукції.

Актуальність полягає в тому, що ІВС є надзвичайно перспективним засобом дослідження у реальному часі процесів пошкодження та руйнування оптичних деталей під час випробувань на міцність від різного роду фізичних впливів. При цьому параметрами контролю можуть бути геометричні розміри та переміщення локальних областей деталей, які мають малі (субміліметрові та мікронні) розміри.

Серед потенційних клієнтів є як повномаштабні виробництва трикотажних виробів, які задовільняють широкий попит на продукти виробництва відповідних виробництв, так і більш нішові сегменти виробництва, а саме: дизайнерські трикотажні вироби, трикотажні вироби ручної роботи та інше.

Враховуючи зазначене, можна упевнено зробити висновок, що попит на використання систем для виявлення повітропроникності трикотажу буде зростати.

## ВИСНОВОК

Магістерська дисертація на тему «Дослідження інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу» присвячена розробці інформаційно-вимірювальної системи для проведення контролю повітропроникності трикотажу.

У першому розділі магістерської дисертації ми провели аналітичне дослідження властивостей трикотажу, основних видів трикотажу. Ми розглянули наступні структури плетіння ниток та зазначили властивості трикотажу (переваги та недоліки) типу «Джерсі», «Ребро», «Виворіт», «Блокіратор». Також ми вивчили структуру стібку трикотажу «Кардиган» та «Жакард», їх переваги та недоліки ми зазначили у першому розділі.

Ми вважаємо, що описаної інформації в першому розділі достатньо, щоб зрозуміти, що трикотаж має просвіт у петлі трикотажу будь-якого виду, це ми можемо побачити на зображеннях структур різних типів рисунки 1.2-

1.5. Така графічна інформація про об'єкт дослідження (трикотаж) нам необхідна, щоб врахувати при проектуванні лабораторного макету інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу. Тільки для більш складних видів плетінні та високої щільності трикотажу,

можливо будуть певні складнощі при визначенні повітропроникності. Також ми очікуємо певні складнощі, щодо визначення повітропроникності для світлих трикотажів, адже контраст нитки трикотажу вищий для темних кольорів і це відомий факт. А отже ми можемо стикнутися в недоліком

власної інформаційно-вимірювальної системи. Проте, система визначає геометрію трикотажу за випромінюванням. І для фіксації цього випромінювання нам необхідна телевізійна камера. Проте, щоб підтвердити

або спростувати цей факт нам необхідно провести експериментальні дослідження на одному типі трикотажу білого кольору та темного кольору.

Хочемо зазначити, що наш метод контролю буде проводитись наступним чином: після визначення фактичних показників повітропроникності зразку трикотажу (визначимо експериментальним

шляхом на власно спроектованій вимірювальній системі), ми будемо порівнювати їх з встановленими нормами.

В другому розділі магістерської дисертації ми виконали огляд методів та засобів визначення повітропроникності трикотажу. Для нашого огляду ми обрали лише два методи, а саме ультразвуковий, що відноситься до контактного методу, та диференційний, що відноситься до безконтактного методу неруйнівного контролю. Ми вважаємо, що по одному методу з таких різних видів контролю достатньо, щоб зрозуміти як саме і на базі якого методу ми плануємо провести проектування власної інформаційно-вимірювальної системи. Ультразвуковий метод визначення параметрів якості трикотажу базується на механічній дії на трикотаж, створенні високочастотного сигналу, що під надходить на поверхню трикотажу. Після чого сигнал змінюється з ультразвукового у електричний та надходить до блоку електричного перетворювача та підсилюється. Потім виокремлюють амплітуду напруги, показник якої відображається на вольтметрі. Отриманий показник напруги порівнюється з відповідним показником густини трикотажу.

В нашій магістерській роботі взято за аналог систему, що описали у пункті 2.2 другого розділу. Хочемо зазначити, що наш метод контролю буде проводитись наступним чином: після визначення фактичних показників повітропроникності зразку трикотажу (визначимо експериментальним шляхом на власно спроектованій вимірювальній системі), ми будемо порівнювати їх з встановленими нормами. Розробку інформаційно-вимірювальної системи плануємо зробити на базі оптичного мікроскопу, щоб отримати краще зображення плетіння трикотажу у поєднанні з телевізійною камерою. Також нам знадобиться комп'ютер з необхідним програмним забезпеченням відеозахоплення, що дозволить нам проаналізувати структуру та розміри петлі трикотажу та визначити повітропроникність.

У третьому розділі розглянемо теоретичні засади конструювання інформаційно-вимірювальних систем, зокрема, нами розглянуто структурну схему, в якій зазначимо структурні вузли майбутньої інформаційно-вимірювальної системи. Хочемо зазначити, що проектувати вимірювальну систему будемо на засадах оптичної мікроскопії у поєднанні з електричними складовими обробки випромінювання об'єкту дослідження (трикотажу), а саме телевізійною камерою і комп'ютеру з програмним забезпеченням.

Такий план побудови лабораторного макету обрано через доступність складових вузлів, телевізійної камери. Програмне забезпечення, що працює у режимі відеозахоплення випромінювання об'єкту, ми обирали з можливих доступних варіантів, що розміщені у просторі інтернету у вільне користування. Ми плануємо використовувати програмне забезпечення, що дозволить нам отримати об'ємні зображення зразків трикотажу. Щодо освітлення об'єкту вимірювання, то ми будемо використовувати при проведенні експериментальних досліджень два джерела освітлення. А саме: базове, класичне для оптичного мікроскопу (галогенну лампу, що входить у конструкцію оптичного мікроскопу), світлодіодне (за оцінками експертів та наукових дослідників ми читали результати дослідження світлодіодної лампи, що вона є стабільною та забезпечує рівномірний розподіл сили світла на об'єкт вимірювання.)

Отже, у третьому розділі нами досліджено основи формування вимірювального сигналу системи з урахуванням властивостей трикотажу. При проведенні аналітичного дослідження властивостей трикотажу, ми зазначали зображення стібків, таку інформацію представлено у розділі 1. Об'єкт вимірювання є непрозорим, нашою задачею є виявлення розміру площі, що пропускає повітря крізь тіло трикотажу. А отже при дослідженні випромінювання загальної картини площі об'єкту (полотна трикотажу), нам необхідно визначити рівень випромінювання де є нитка і рівень випромінювання у місцях де вона відсутня, а отже за загальною картиною



провести розрахунок пікселів з високим рівнем та з низьким. Це можна зробити програмно, для оцінки кількості пікселів з найвищим та найнижчим рівнем випромінювання.

Наступним кроком при проведенні експериментальних досліджень буде дослідження впливу різного типу освітлення на точність вимірювання повітропроникності. Дослідження будемо проводити на спроектованому макеті інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу, з урахування робочого діапазону сигналів. Для виставлення необхідного діапазону сигналів використовуємо світлові фільтри, огляд яких ми робили в четвертому розділі у підрозділі 4.1.3.

У четвертому розділі проведено огляд та обґрунтування типів оптичних мікроскопів. Нажаль, ми не придбали цифровий мікроскоп, тому власними силами вдосконалювали його до рівня цифрового. Це можна зробити лише додавши до оптичного мікроскопу телевізійної камери, що розширює наші можливості по формі отримання зображення об'єкту (трикотажу) та можливостям обробки результатів вимірювання. Для проектування інформаційно-вимірювальної системи, ми оберемо оптичний мікроскоп МБР-1, він повністю задовольняє вимогам експерименту та нашим вимогам щодо основи, на якій будемо проектувати вимірювальну систему.

Для експериментального визначення світло-сигнальної характеристики нам необхідно додавати світловий фільтр, тому у пункті 4.1.3 ми наводимо огляд світлових фільтрів. Ми обираємо для роботи світловий фільтр типу ПС-11.

Наступним вузлом для проектування інформаційно-вимірювальної системи є вибір об'єктиву, Такий огляд ми провели у пункті 4.1.4 четвертого розділу з наведенням технічних характеристик об'єктивів. Останнім кроком, що ми виконали у четвертому розділі є пошук програмного забезпечення для отримання результатів дослідження зразків трикотажу.

Для оцінки розмірів структури трикотажу за випромінюванням, що ми можемо оцінити за зображенням, ми обрали програму Gwyddion.

П'ятий розділ дисертації ми присвітили експериментальним дослідженням. Як ми пам'ятаємо за технічним завданням до дисертації, ми повинні провести ряд експериментальних досліджень. Отже, нам необхідно провести експериментальні дослідження світлосигнальної характеристики інформаційно-вимірювальної системи; провести експериментальні дослідження зразків трикотажу з різними джерелами освітлення (галогенна лампа та світлодіодна), визначити вплив освітлення на точність визначення повітропроникності; провести експериментальні дослідження зразків трикотажу одного типу білого та чорного (або темно-синього) кольорів. Визначити вплив кольору трикотажу на точність визначення повітропроникності.

Розпочнемо з експериментального дослідження світло-сигнальної характеристики збудованої інформаційно-вимірювальної системи. Такий перший крок після збирання вимірювальної системи є логічним, адже нам не відомо система працює вірно чи ні. Тому нам необхідно визначити робочий діапазон сигналів (лінійна ділянка характеристики), якого ми маємо дотримуватись для забезпечення точності вимірювання. Світло-сигнальна характеристика інформаційно-вимірювальної системи дорівнює 20 – 125 у.о.

Наступним кроком при проведенні експериментальних досліджень було дослідження впливу різного типу освітлення на точність вимірювання повітропроникності. Дослідження проводити на спроектованому макеті інформаційно-вимірювальної системи повітропроникності трикотажу, з урахування робочого діапазону сигналів. Для виставлення необхідного діапазону сигналів використовували світлові фільтри, огляд яких ми робили в четвертому розділі у підрозділі 4.1.3.

Наступним кроком при проведенні експериментальних досліджень в магістерській роботі було проведено вимірювання повітропроникності

трикотажу з базовим освітленням – галогенною лампою. Було обрано зразки трикотажу №1, № 2, № 3, № 4, № 5 з галогенним освітленням. Для забезпечення метрологічної складової вимірювань повітропроникності трикотажу, ми використовували еталон геометричного лінійного розміру – штрихову міру ГОСТ 15114-78. Ми базували наше вимірювання на визначення геометричних параметрів пустот (середина петлі) та геометричних розмірів ниток трикотажу. Аналітичне дослідження пустот проводили автоматично, з застосуванням спеціальної програми. Проаналізували отримані зображення зразків трикотажу.

Третім кроком при проведенні експериментальних досліджень було дослідження впливу світлодіодного освітлення замість галогенного на точність вимірювання повітропроникності. Дослідження проводили на тих само зразках трикотажу № 1, № 2, № 3, № 4, № 5, щоб побачити різницю у точності вимірювання, якщо вона буде. Було замінено галогенну лампу на світлодіодну з наступними характеристиками потужність 6,5 Вт; напруга живлення 220-240 В; температура світіння 3000К.

Отримано результати експериментального дослідження повітропроникності зразку трикотажу № 1 дорівнює 3,27 % від загальної площі всього трикотажу у 100 %; для зразку трикотажу № 2 дорівнює 3,26 %, для зразку трикотажу № 3 дорівнює 5,14%, для зразку трикотажу № 4 дорівнює 3,71 %, для зразку трикотажу № 5 дорівнює 3,19%. Повітропроникність визначали у відносних одиницях.

При застосуванні світлодіодного освітлення встановили, що повітропроникність зразку трикотажу № 1 дорівнює 3,39 % від загальної площі всього трикотажу у 100 %; для зразку трикотажу № 2 дорівнює 3,38 %, для зразку трикотажу № 3 дорівнює 5,21%, для зразку трикотажу № 4 дорівнює 3,78 %, для зразку трикотажу № 5 дорівнює 3,24 %. Повітропроникність визначали у відносних одиницях.

Визначили, що точність визначення повітропроникності при застосуванні світлодіодного освітлення, зросла для зразку трикотажу № 1 на

3,5 %; для зразку трикотажу № 2 на 3,68 %; для зразку трикотажу № 3 на 1,34 %; для зразку трикотажу № 4 на 1,88 %.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. V. Schrank, ..., Thomas Gries Polymer-optical fibre (POF) integration into textile fabric structures  
<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/knitted-fabric>
2. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/knitted-fabric>
3. А.В. Фесенко, В.Н. Боровицкий / Современное состояние оптической микроскопии для получения трехмерных изображений / Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах № 1 2015, стор. 62-72.
4. Nergiz Emirhanova, Yasemin Kavusturan / Effects of Knit Structure on the Dimensional and Physical Properties of Winter Outerwear Knitted Fabrics / FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe April / June 2008, Vol. 16, No. 2 (67), pp. 69-74.
5. Alagha M J, Oxenham W., Iype C ‘The use of an image analysis technique for assessing the structural parameters of friction spun yarns’. J Text I. – 1995. – №85, pp.383–388.
6. Guha A, Amarnath C, Pateria S and Mittal R ‘Measurement of yarn hairiness by digital image processing’, J Text I. – 2010. – №101, pp. 214–222.
7. Cybulska M. ‘Assessing yarn structure with image analysis methods’, Textile Res J. – 1999. – № 69, 369–373.
8. Chen P. L., Barker, R. L., Smith, G. W., at al., Handle of Weft Knit Fabrics, Textile Res. J., 1992, 62(4), p.200-211.
9. Karba, M., Gersak, J., Stjepanovic, Z., The Influence of Knitting Parameters on Dimensional Changes of Knitted Fabrics in the Process of Relaxation, Proc. 2nd International Textile Clothing & Design Conference, 2004, pp. 200-205.
10. Munden, D. L., Dimensional Stability of Plain Knit Fabrics, J. Textile Inst., 1960, 51, pp. 200-209.

11. Л.Є. Галавська, Т.В. Єліна, А.А. Демчишин, Н.М. Аушева / Методи отримання інформації про метричні та структурні характеристики трикотажу / Вісник Хмельницького національного університету, №4, 2014 (215), стор. 204-207.
12. Єліна Т.В. Дослідження відповідності розробленої тривимірної геометричної моделі петлі кулірного трикотажу його реальній будові. / Т.В. Єліна // Вісник КНУТД. – 2012. – №5(67). – С.94-99.
13. Аушева Н.М. Геометрія просторової конфігурації нитки в петлі кулірного трикотажу. /Н.М. Аушева, Т.В. Єліна. // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці. Таврійський державний агротехнічний університет. – Мелітополь ТДАТУ. – 2013. – Вип.4, т. 56.– С. 3-9.
14. Галавська Л.Є. Розробка системи кодування ниток у структурі кулірного трикотажу. / Л.Є. Галавська , Т.В. Єліна, // Вісник ХНУ. – 2012. – №3. – С. 222-227.
15. Єліна Т.В. Розробка алгоритму аналізу даних топологічної моделі нитки в структурі трикотажу / Т. В. Єліна, Л. Є. Галавська // Вісник Хмельницького національного університету. Серія : Технічні науки . – 2013. – № 3. – С. 69-73.
16. М.И. Баранов / Антология выдающихся достижений в науке и технике. часть 23: Изобретение микроскопа и изучение микромира / Електротехніка і Електромеханіка. 2014. №6 , стор. 3 - 16.
17. Електронний каталог Edmund Optics: режим доступу [Optics - imaging - Photonics - Optomechanics - Lasers | Edmund Optics](#)